

English abstract of DE 37 37 278 C2 (= US 5 129 725)

A method of and apparatus for optically detecting the position or amount of movement of a movable object, in which a plurality of position data element arrays are provided on a scale attached to the object such that the arrays are arranged in the direction of movement of the object. A string of light beam such as a laser beam, which extends in the same direction as the position data element array, is made to illuminate one of the arrays, and the light reflected by or transmitted through the position data element array is received by a sensor array such as CCD sensor which produces a signal representing the pattern of arrangement of the data elements in the illuminated position data element array and indicating absolute position of the object, whereby the instant absolute position of the object is detected.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Patentschrift**  
⑩ **DE 37 37 278 C 2**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**H 03 M 1/22**  
G 01 B 11/00

Q 00543DE00

⑤

⑳ Aktenzeichen: P 37 37 278.5-31  
㉑ Anmeldetag: 3. 11. 87  
㉒ Offenlegungstag: 11. 5. 88  
㉓ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 1. 8. 91

DE 37 37 278 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①

04.11.86 JP P 262119/86 18.11.86 JP P 276271/86  
27.05.87 JP P 130699/87

⑦③ Patentinhaber:

Canon K.K., Tokio/Tokyo, JP

⑦④ Vertreter:

Tiedtke, H., Dipl.-Ing.; Bühling, G., Dipl.-Chem.;  
Kinne, R., Dipl.-Ing.; Grupe, P., Dipl.-Ing.; Pellmann,  
H., Dipl.-Ing.; Grams, K., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte,  
8000 München

⑦② Erfinder:

Ishizuka, Koh, Urawa, Saitama, JP; Nishimura,  
Tetsuharu, Kawasaki, Kanagawa, JP; Tsukiji,  
Masaaki, Tokio/Tokyo, JP; Satoh, Chikara,  
Kawasaki, Kanagawa, JP; Ishii, Satoshi,  
Tokio/Tokyo, JP

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	34 20 600 A1
DE	31 45 098 A1
= GB	20 88 163 A
US	39 02 398
JP	1 76 817-8

⑤④ Optischer Codierer

DE 37 37 278 C 2

Die Erfindung bezieht sich auf einen optischen Codierer gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Optische Codierer bzw. Meßgeber werden in breitem Ausmaß als Lagemeßvorrichtungen eingesetzt, mit denen die Verstellung, die Bewegungsgeschwindigkeit und die Lage verschiedenartiger Objekte gemessen und ermittelt wird, wie beispielsweise die Verstellung eines bewegbaren Teils einer industriellen Maschine, das Ausmaß der Drehung und die Drehstellung eines Roboterarms, das Ausmaß der Drehung und die Drehgeschwindigkeit von Drehteilen oder dergleichen.

Ein optischer Codierer der eingangs genannten Art ist aus der DE 31 45 098 A1 bekannt. In dieser Druckschrift ist ein System beschrieben, dessen optische Codescheibe mit mehreren nebeneinanderliegenden Codespuren versehen ist. Zur Bestrahlung der Codespuren ist eine Lichtquelle in Form einer Leuchtdiode mit einem geradlinigen, stabförmigen Lichtemittierenden Teil vorhanden. In Lichteinfallrichtung gesehen, befindet sich unmittelbar hinter der Codescheibe ein Mehrkanal-Photodetektor, der das durch die optischen Codespuren modulierte Licht empfängt.

Wenn bei einem derartigen System allerdings eine hohe Auflösung bei guter Detektionsgenauigkeit gefordert wird, dann ergibt sich das Problem, daß bei Verwendung sehr fein unterteilter Codespuren auch der Mehrkanal-Photodetektor sehr fein unterteilt und überdies räumlich sehr genau justiert sein muß. Bei sehr feiner Unterteilung des Photodetektors sind zudem auch die von den einzelnen Abschnitte abgegebenen Ausgangssignale in ihrer Größe sehr gering, so daß Auswertungsprobleme entstehen können.

In der DE 34 20 600 A1 ist ein optischer Codierer beschrieben, bei dem als Lichtquelle eine Halbleiterlaser-Lichtquelle eingesetzt wird, die einen Laserstrahl erzeugt. Dieser Laserstrahl wird durch ein Beugungsgitter in eine Mehrzahl von Laserstrahlen aufgeteilt, die auf eine optische Codescheibe gerichtet werden. Auf der Codescheibe ist eine Codespur vorhanden, die durch zwei versetzt auftreffende Laserstrahlpunkte abgetastet wird, so daß eine Drehrichtungsbestimmung möglich ist. Weiterhin kann auf der Codescheibe eine zusätzliche, weiter innen liegende Marke vorhanden sein, die durch einen Laserstrahlpunkt zur Gewinnung einer Nullpunktinformation abgetastet wird. Dieses System mit Erzeugung mehrerer Laser-Abtastpunkte unter Einsatz eines Beugungsgitters erfordert allerdings hohe Positioniergenauigkeit, insbesondere wenn beabsichtigt wird, mehrere konzentrisch liegende Spuren zuverlässig abzutasten. Die durch die Codescheibe modulierten Laserstrahlen werden mittels eines rückseitig angeordneten Photodetektors erfaßt und in entsprechende Ausgangssignale umgesetzt.

In der US-PS 39 02 398 ist eine Lautstärken-Steuerungseinrichtung beschrieben, bei der mit einem Fußpedal eine kreisbogenförmige, mehrere unterschiedlich unterteilte Spuren tragende Scheibe verbunden ist, die entsprechend der Pedalbewegung durch eine Lichtschranke aus einer Lichtquelle und einer dieser unmittelbar auf der Rückseite des spurentragenden Kreisbogens gegenübergesetzten Photodetektoranordnung bewegt wird. Die Ausgangssignale der Photodetektoren werden zur Bildung eines Lautstärken-Ausgangssignals zusammengefaßt.

Fig. 1A zeigt einen Drehcodierer bzw. Drehmeßgeber zum fotoelektrischen Erfassen des Ausmaßes und/

oder der Geschwindigkeit der Drehung eines drehbaren Objekts. Der Drehmeßgeber gemäß Fig. 1A hat eine aus einer an einer Drehwelle 80 befestigten Scheibe 85 bestehende Hauptskala mit lichtdurchlässigen und undurchlässigen Bereichen, die abwechselnd in gleichmäßigen Teilungsabständen angeordnet sind. Ferner hat der Drehmeßgeber auch eine feststehende Indexskala 82 mit lichtdurchlässigen und undurchlässigen Bereichen, die in den gleichen regelmäßigen Abständen wie an der Hauptskala 81 angeordnet sind. Die Hauptskala 81 und die Indexskala 82 sind zwischen einer Lichtprojektionsvorrichtung 83 und einer Lichtempfangsvorrichtung 84 angeordnet, die einander gegenübergestellt sind. Diese bekannte Anordnung wird allgemein als "Indexskalensystem" bezeichnet. Bei der Drehung der Hauptskala 81 wird ein Ausgangssignal erzielt, das mit den Intervallen zwischen den lichtdurchlässigen und den undurchlässigen Bereichen der beiden Skalen synchron ist. Irgendeine Änderung der Drehzahl der Hauptskala wird durch eine Frequenzmessung an dem auf diese Weise erzielten Signal erfaßt. Es ist offensichtlich, daß ein höheres Auflösungsvermögen bei der Erfassung durch das Verkleinern der Teilungsabstände der lichtdurchlässigen und undurchlässigen Bereiche erzielt werden kann.

Dieser "Inkremental-Codierer" hat jedoch den Nachteil, daß die momentane Drehstellung des Objekts verloren geht, sobald das Objekt gedreht wird, während der Codierer beispielsweise infolge eines Ausfalls der Stromversorgung außer Betrieb ist, und zwar auch dann, wenn nach dem Beginn der Drehung des Objekts die Stromversorgung wieder aufgenommen wird.

Ein Drehmeßgeber anderer Art ist als "Absolutwert-Codierer" bekannt, mit dem der Absolutwert des Ausmaßes der Drehung erfaßt werden kann. Dieser Drehmeßgeber hat gemäß Fig. 1B eine an eine Drehwelle 80 angeschlossene Skalenscheibe 85. Diese Skalenscheibe hat lichtdurchlässige und undurchlässige Bereiche, die auf konzentrischen Kreisen mit voneinander verschiedenen Radien derart angeordnet sind, daß für voneinander verschiedene Winkleinheiten verschiedene Gray-Codemuster, nämlich verschiedene Muster von Kombinationen aus lichtdurchlässigen und undurchlässigen Bereichen erhalten werden. Über die Skalenscheibe 85 weg sind eine Lichtprojektionsvorrichtung 83 und eine Lichtempfangsvorrichtung 84 einander gegenübergestellt. Die Lichtprojektionsvorrichtung hat eine Reihe von Leuchtelementen, die entsprechend den jeweiligen konzentrischen Kreisen mit den lichtdurchlässigen und undurchlässigen Bereichen angeordnet sind. Gleichermaßen hat die Lichtempfangsvorrichtung eine Reihe von Lichtempfangselementen, die entsprechend den jeweiligen konzentrischen Kreisen mit den lichtdurchlässigen und undurchlässigen Bereichen angeordnet sind. Daher kann die absolute Winkel- oder Drehstellung der Skalenscheibe 85 mittels der Lichtempfangsvorrichtung abgelesen werden, die ein Lichtmuster empfängt, welches dem der Winkelstellung zugeordneten Gray-Code entspricht. Daher kann selbst dann, wenn während des Ausfalls der Stromversorgung die Skalenscheibe 85 gedreht worden ist, mit dem Absolutwert-Drehmeßgeber immer die momentane Drehstellung der Skalenscheibe 85 ermittelt werden, sobald zum Zeitpunkt der Ermittlung Strom zugeführt wird.

Dies bedeutet, daß der Absolutwert-Drehmeßgeber immer richtige Informationen über das Ausmaß der Bewegung bzw. Drehung liefert, selbst wenn aus irgendeinem unerwarteten Grund wie durch Stromausfall die

Stromversorgung unterbrochen war. Daher wird der Absolutwert-Drehmeßgeber zweckdienlich in industriellen Automaten oder anderen industriellen Maschinen eingesetzt.

Bei diesem Absolutwert-Drehmeßgeber besteht jedoch das Problem, daß die Anzahl der Bits des Codes, nämlich der lichtdurchlässigen und undurchlässigen Bereiche in einem jeden Code gesteigert werden muß, wenn eine Lageerfassung mit hohem Auflösungsvermögen erforderlich ist. Hierdurch wird es wiederum notwendig, die Anzahl der konzentrischen Kreise mit den verschiedenen Radien, nämlich die Anzahl von Spuren zu erhöhen, so daß auf unerwünschte Weise die Drehskala vergrößert werden muß.

Zur Lösung dieses Problems ist in der JP-OS 1 76 817/1986 ein Absolutwert-Drehmeßgeber beschrieben, bei dem codierte Lageinformationen in der Form von Kombinationen einer Vielzahl von in einer jeden Spur ausgebildeten Grübchen aufgezeichnet werden und ein Laser ein Laserstrahlenbündel abgibt, das in eine Vielzahl feiner Laserstrahlen aufgeteilt wird. Die feinen Laserstrahlen werden auf die jeweiligen Grübchen gerichtet und es wird die Reflexion an den Grübchen oder der Durchlaß durch die Grübchen in der Weise erfaßt, daß die Codeinformation wiedergegeben wird.

Bei dem Meßgeber dieser Art entsteht das Problem, daß bei der Justierung eines optischen Elements wie eines Beugungsgitters für das Aufteilen des Laserstrahlenbündels in die feinen Strahlen ein in der Praxis nicht annehmbar hoher Grad an Genauigkeit erforderlich ist sowie für das zuverlässige genaue Ausrichten der feinen Laserstrahlen auf die Grübchen in den Spuren ein komplizierter Nachführmechanismus benötigt wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen optischen Codierer gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 derart weiterzubilden, daß bei verhältnismäßig einfachem Aufbau hohe Detektionsgenauigkeit erzielt ist.

Diese Aufgabe wird durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Mittel gelöst.

Bei dem erfindungsgemäßen optischen Codierer wird demnach der Lichtstrahl in eine Lichtlinie umgesetzt, so daß eine relativ einfache räumliche Justierung des Systems möglich ist; die üblicherweise sehr aufwendige Abstimmung zwischen einzelnen Laserstrahl-Punkten und zugeordneten Codespuren kann entfallen. Zudem werden die Bitmuster der Codespuren vergrößert auf der photoelektrischen Umsetzeinrichtung abgebildet, so daß zum einen die Anordnung der photoelektrischen Umsetzeinrichtung vereinfacht ist und diese auch nicht sehr fein unterteilt werden muß, und zum anderen größere Ausgangssignale erzeugt werden können. Da der eingesetzte Laserstrahl sich sehr linear fortpflanzt, ist die Gefahr von Streulicht oder sich in unerwünschtem Winkel schräg fortpflanzendem Licht gering, so daß die Abbildungsqualität des Codemusters auf der photoelektrischen Umsetzeinrichtung sehr hoch ist. Durch diese Technik lassen sich auch die Muster auf der Codespur sehr klein wählen, so daß hohes Auflösungsvermögen erreichbar ist, ohne daß die Auswertungsgenauigkeit leidet oder größere Probleme bereitet.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert.

Fig. 1A ist eine schematische Darstellung eines bekannten Inkrement-Codierers.

Fig. 1B ist eine schematische Darstellung eines bekannten Codierers.

Fig. 2A und 2B sind schematische Darstellungen von Meßgebern, die vorteilhafte Ausführungsbeispiele eines optischen Codierers darstellen.

Fig. 3A bis 3C sind schematische Darstellungen von Abwandlungen der in den Fig. 2A und 2B gezeigten Meßgeber.

Fig. 4, 5A und 5B sind schematische Darstellungen weiterer Abwandlungen des in den Fig. 2A und 2B gezeigten Ausführungsbeispiels.

Fig. 6 ist eine schematische Darstellung eines Meßgebers, der ein weiteres Ausführungsbeispiel eines optischen Codierers darstellt.

Fig. 7 zeigt den Zusammenhang zwischen einem Schrittesignal, einem Bezugsstellungssignal und einem Absolutwertsignal aus dem in Fig. 6 gezeigten Meßgeber.

Fig. 8A bis 8C zeigen wesentliche Teile von Abwandlungen des in Fig. 6 gezeigten Meßgebers.

Fig. 9A bis 9C zeigen Bezugsstellungssignale aus den in den Fig. 8A bis 8C gezeigten Meßgebern.

Fig. 10A und 10B zeigen wesentliche Teile von weiteren Abwandlungen des in Fig. 6 gezeigten Meßgebers.

Fig. 11A und 11B zeigen den Zusammenhang zwischen einem Schrittesignal, einem Bezugsstellungssignal und einem Absolutwertsignal aus den jeweils in den Fig. 10A bzw. 10B gezeigten Meßgebern.

Fig. 12A und 12B sind jeweils ein Blockschaltbild einer Signalverarbeitungsschaltung für das Verarbeiten von Signalen aus dem in Fig. 6 gezeigten Meßgeber.

Fig. 13 ist eine schematische Darstellung einer vorteilhaften Form eines bei der Erfassungsvorrichtung verwendeten Gray-Codemusters.

Fig. 14A und 14B veranschaulichen ein Verfahren zum Ausfluchten eines Strahlenbands mit dem Gray-Codemuster einer in Fig. 13 gezeigten Skala.

Die Fig. 2A und 2B sind schematische Darstellungen einer Absolutstellungs-Erfassungsvorrichtung gemäß einem ersten vorteilhaften Ausführungsbeispiel eines optischen Codierers, und zeigen jeweils das optische System eines Absolutwert-Drehmeßgebers, bei dem als Lichtquelle ein Halbleiterlaser verwendet wird.

Die in den Fig. 2A und 2B gezeigten Drehcodierer bzw. Drehmeßgeber unterscheiden sich zum Teil hinsichtlich der Form von verwendeten Bauteilen, jedoch sind die optischen Anordnungen der einzelnen Bauteile in den beiden Meßgebern im wesentlichen gleich.

Die in den Fig. 2A und 2B dargestellten Drehmeßgeber enthalten beide jeweils einen Halbleiterlaser 6, eine Kollimatorlinse 7, eine Zylinderlinse 20 bzw. 21 als anamorphotisches optisches System, eine Fokussierlinse 9 und eine eindimensionale Sensoranordnung bzw. einen Zeilensensor 10 wie eine Ladungskopplungsvorrichtung (CCD).

Ferner enthalten diese Drehmeßgeber eine durch eine drehbare Scheibe gebildete Drehskala 1, die an einem (nicht gezeigten) drehbaren Meßobjekt wie beispielsweise der Welle eines Motors angebracht ist. Die Drehskala trägt ein nachstehend als Informationsmuster bezeichnetes Lageinformations-Codemuster 2, das von der Mitte zu dem Außenumfang der Drehskala 1 hin auf einer Linie parallel zur radialen Richtung der Skala gebildet ist. Auf der Oberfläche der Drehskala 1 ist eine Vielzahl von Informationsmustern 2 ausgebildet, die eine Folge von Informationsmustern ergeben, welche in der Umfangsrichtung der Drehskala 1 angeordnet sind.

In dem in Fig. 2A gezeigten Drehmeßgeber ist der Halbleiterlaser 6 in der Nähe eines vorderen Brennpunktes der Kollimatorlinse 7 angeordnet. Das von dem Halbleiterlaser 6 mit hoher Bündelung abgegebene divergierende Licht wird auf diese Weise von der Kollimatorlinse 7 parallel gerichtet.

Die Zylinderlinse 20, die eine plankonvexe Zylinderlinse mit einer konvexen Fläche und einer planen Fläche ist, hat eine Brechkraft, die nur in den durch Pfeile x dargestellten Richtungen wirkt. Die Zylinderlinse 20 ist auf der optischen Achse an einer Stelle angeordnet, die von der Kollimatorlinse 7 um einen vorgegebenen Abstand entfernt ist.

Die Zylinderlinse 20 hat hinsichtlich der in den Richtungen der Pfeile x wirkenden Brechkraft eine Brennweite  $f_1$ , so daß die aus der Kollimatorlinse 7 austretenden parallelen Laserstrahlen durch die Zylinderlinse 20 an einem hinteren Brennpunkt in Form einer Linie mit einer Längsachse fokussiert werden, welche parallel zu den durch Pfeile y in Fig. 2A dargestellten Richtungen liegt.

Die Fokussierlinse 9, die eine gewöhnliche sphärische Linse ist, hat eine Brennweite  $f_2$ . Die Fokussierlinse 9 hat einen vorderen und einen hinteren Brennpunkt. Der vordere Brennpunkt fällt mit der Stelle zusammen, an der die parallelen Laserstrahlen von der Zylinderlinse 20 fokussiert sind, nämlich die parallelen Laserstrahlen zu einer Linie geformt sind. Der hintere Brennpunkt fällt mit der Stelle zusammen, die ein jeweiliges Informationsmuster 2 an der Drehskala 1 einnimmt.

Ein jedes der Informationsmuster 2 bildet einen Lageinformationscode, der einem bestimmten Drehwinkel der Drehskala 1 entspricht.

Der Lageinformationscode ist ein binär codiertes Muster für eine Information, die die jeweilige Drehstellung der Drehskala 1 anzeigt. Ein jedes Informationsmuster ist aus einer Kombination von zweierlei Mustern, nämlich aus lichtdurchlässigen und undurchlässigen Bereichen entsprechend der binär codierten Information gebildet. Beispielsweise kann der Wert "1" der binär codierten Information dem lichtdurchlässigen Bereich und der Wert "0" dem undurchlässigen Bereich entsprechen. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist das Informationsmuster durch eine Reihe von Schlitzen gebildet.

Diese Bereiche der jeweiligen Informationsmuster 2 liegen auf Spuren, die hinsichtlich der Drehrichtung der Drehskala 1 konzentrisch auf der Drehskala 1 ausgebildet sind. Infolgedessen werden auf einer Anzahl N von Spuren, nämlich mit N Bereichen bzw. Bits für ein einzelnes Informationsmuster an der Drehskala 1  $2^N$  einzelne Lageinformationen gespeichert.

Nach Fig. 2A fallen die von der Zylinderlinse 20 zu einer Linie fokussierten Laserstrahlen auf die Fokussierlinse 9 als parallele Lichtstrahlen hinsichtlich der durch die Pfeile y dargestellten Richtungen und als divergierende Lichtstrahlen hinsichtlich der durch die Pfeile x dargestellten Richtungen. Die Fokussierlinse 9 setzt die einfallenden Strahlen in ein hinsichtlich der y-Richtungen konvergierendes Lichtstrahlenbündel und ein hinsichtlich der x-Richtungen paralleles Lichtstrahlenbündel um. Die sich ergebenden Lichtstrahlen beleuchten ein vorbestimmtes der Informationsmuster 2 an der Drehskala 1 in Form einer Linie gemäß Fig. 2A.

Gemäß der vorstehenden Beschreibung ist jedes der Informationsmuster 2 an der Drehskala 1 durch eine Reihe von Schlitzen gebildet, die auf einer Vielzahl von Spuren liegen, welche konzentrisch über die Drehskala 1 ausgebildet sind. Diese Schlitzreihe enthält Schlitze,

die in der Radialrichtung der Drehskala 1 angeordnet sind, wobei das Vorhandensein bzw. Fehlen der Schlitze jeweils den Werten "1" bzw. "0" der binär codierten Information entspricht.

In der Drehrichtung der Drehskala 1 aufeinanderfolgend ist eine Vielzahl dieser Informationsmuster 2 ausgebildet, wobei sich die Anordnungen der Schlitzmuster der einzelnen Informationsmuster 2 voneinander unterscheiden. Daher stellt jede der Schlitzreihen eine Information über eine andere Stellung bzw. einen anderen Drehwinkel der Drehskala 1 dar.

Mittels der Fokussierlinse 9 wird das Informationsmuster 2 mit einer Lichtstrahlenlinie bzw. einem Lichtstrahlenband beleuchtet, wobei durch das Informationsmuster 2 entsprechend der Anordnung der Schlitze in der beleuchteten Schlitzreihe die Lichtstrahlen nur an einem bestimmten Bereich oder an bestimmten Bereichen durchgelassen werden. Die durch die Schlitze des Informationsmusters 2 durchgelassenen Lichtstrahlen werden von dem eindimensionalen Zeilensensor 10 aufgenommen, die hinter der Drehskala 1 angeordnet ist. Der eindimensionale Zeilensensor 10 gibt eine der Anordnung der Schlitze in der beleuchteten Schlitzreihe entsprechende Signalfolge ab, nämlich eine Signalfolge, die der Information über die absolute Stellung der Drehskala 1 entspricht.

Auf diese Weise können bei der Drehung der Drehskala 1 aus der eindimensionalen Sensoranordnung bzw. dem Zeilensensor 10 Signale erhalten werden, die die aufeinanderfolgenden Drehstellungen der Drehskala 1 anzeigen. Die auf diese Weise erzielten Signale können zum Ermitteln der absoluten Drehstellung, des Ausmaßes der Drehung und der Drehgeschwindigkeit des Objekts herangezogen werden. Bei diesem Ausführungsbeispiel hat die Strahlenlinie wie beispielsweise ein Laserstrahlenband mit guter Bündelung, die bzw. das zum Beleuchten der Informationsmuster 2 an der Drehskala 1 dient, in den y-Richtungen eine Breite, die kleiner als die Breite des Informationsmusters 2, nämlich der Schlitze in den y-Richtungen ist. Bei der Beleuchtung des Informationsmusters 2 mit dem auf die beschriebene Weise fokussierten Strahlenband kann jedes Informationsmuster 2 deutlich von den in der Drehrichtung der Drehskala 1 benachbarten Informationsmustern abgegrenzt werden und jedes der durch die Schlitze gebildeten Datenelemente unterscheidbar herausgegriffen werden. Es ist daher möglich, auf einer kleinen Drehskala 1 sehr feine Informationsmuster 2 auszubilden. Infolgedessen kann auch dann, wenn auf der Drehskala 1 eine Vielzahl von Spuren ausgebildet ist, um den Teilungsabstand der durch die Schlitze gebildeten einzelnen Datenelemente in der Drehrichtung der Drehskala 1 zu verkleinern, die durch das Informationsmuster gegebene Lageinformation auf genaue Weise reproduziert werden.

Beispielsweise kann eine Drehskala 1 mit einem Radius von nur ungefähr 10 mm und mit 10 Spuren leicht  $2^{10}$  Elemente der Lageinformationen aufnehmen, wenn der ein Datenelement bildende Schlitz in den y-Richtungen eine Breite von 20  $\mu\text{m}$  und in den x-Richtungen eine Länge von 500  $\mu\text{m}$  hat. Mit einer derartigen Skala kann daher ein hohes Winkelauflösungsvermögen bis zu  $360^\circ/2^{10} \approx 0,35^\circ$  erreicht werden. Es ist somit möglich, gleichzeitig sowohl eine Verringerung der Abmessungen als auch eine Verbesserung hinsichtlich des Auflösungsvermögens ohne die Schwierigkeiten zu erreichen, die bei den bekannten Absolutwert-Drehcodierern aufgetreten sind.

Bei diesem Ausführungsbeispiel ist der Teilungsabstand der Sensorelemente des Zeilensensors 10 ungefähr gleich dem Teilungsabstand der Spuren an der Drehskala 1, so daß daher die Sensorelemente den Spuren in 1:1-Beziehung entsprechen. Falls durch das Steigern der Anzahl der Spuren an der Drehskala 1 der Teilungsabstand der Spuren verkleinert wird, wird es schwierig, den Zeilensensor 10 entsprechend herzustellen oder die von den Datenelementen auf den jeweiligen Spuren durchgelassenen Laserstrahlen voneinander zu trennen. In diesem Fall kann wie bei einem nachfolgend beschriebenen anderen Ausführungsbeispiel ein vergrößertes Bild des Informationsmusters 2 auf einen bestimmten Zeilensensor 10 projiziert werden.

Zum Verschmälern der Breite (in den y-Richtungen) der Strahlenlinie auf ungefähr einige zehn  $\mu\text{m}$  bis zu einigen  $\mu\text{m}$  ist es vorteilhaft, auf das Informationsmuster 2 von einer Punktquelle abgegebene Lichtstrahlen (mit guter Richtwirkung bzw. Bündelung) zu richten. Um diese Forderung zu erfüllen wird bei den in den Fig. 2A und 2B gezeigten Anordnungen als Lichtquelle beispielsweise der Halbleiterlaser 6 verwendet.

Es ist auch möglich, anstelle eines Halbleiterlasers oder eines ähnlichen Lasers mit Abstrahlung an einem sehr kleinen Punkt oder einer Lichtquelle für die Abgabe von Licht mit guter Bündelung eine Lichtquelle mit Flächenabstrahlung wie eine Leuchtdiode zu verwenden. In diesem Fall ist jedoch die Konvergenz des durch die Fokussierlinse 9 hindurchtretenden Lichts gering. Daher besteht dann, wenn durch die Steigerung der Anzahl der Spuren an der Drehskala 1 das Auflösungsvermögen gesteigert werden soll, hinsichtlich der Verbesserung des Auflösungsvermögens eine Einschränkung. In diesem Fall kann mit dem von der Lichtquelle wie der Leuchtdiode abgegebenen Licht ein kleines Loch beleuchtet werden und das dermaßen beleuchtete Loch als Punktlichtquelle benutzt werden, um die gleiche Funktion wie mit einem Halbleiterlaser zu erreichen.

Bei diesem Ausführungsbeispiel werden Schlitze als Datenelemente verwendet, die die Informationsmuster 2 an der Drehskala 1 bilden.

Es besteht jedoch hinsichtlich der Form der Datenelemente keine Einschränkung auf feine Öffnungen wie Schlitze. Beispielsweise können als Datenelemente Reflexionsfilmmuster einer vorbestimmten Form oder undurchlässige Filmmuster einer vorbestimmten Form verwendet werden, um die Lageinformationen entweder durch das Ermitteln des Vorhandenseins oder Fehlens von Durchlaßlicht wie bei diesem Ausführungsbeispiel oder des Vorhandenseins oder Fehlens von Reflexionslicht wie bei einem nachfolgend beschriebenen anderen Ausführungsbeispiel wiederzugeben.

Bei der vorstehenden Beschreibung des ersten Ausführungsbeispiels wurde ein Absolutwert-Drehmeßgeber als Beispiel herangezogen, jedoch ist die gleiche Gestaltung auch bei einem linearen Codierer bzw. Wegmeßgeber anwendbar. Bei einem Wegmeßgeber wird in der zu der Bewegungsrichtung eines bewegten Objekts parallelen Richtung eine Vielzahl von Spuren ausgebildet, auf denen jeweils Datenelemente gebildet werden. Auf diese Weise bilden die Datenelemente auf der Vielzahl von Spuren Lageinformationscodes bzw. Informationsmuster.

Das beschriebene Verfahren ist auch bei anderen Lageerfassungsvorrichtungen als den Absolutstellungs-Erfassungsvorrichtungen wie den Wegmeßgebern oder Drehmeßgebern anwendbar. Beispielsweise kann das

Verfahren auch für die Wiedergabe von Informationen von einem Aufzeichnungsträger wie einer optischen Speicherplatte oder einer optischen Speicherkarte mit derartigen Informationen angewandt werden.

Bei dem in Fig. 2B dargestellten Drehmeßgeber wird statt der konvexen Zylinderlinse 20 nach Fig. 2A eine konkave Zylinderlinse 21 verwendet. Die Brechkraft der Zylinderlinse 21, die durch eine konkave Fläche und eine plane Fläche gebildet ist, wirkt in den durch Pfeile y in Fig. 2B dargestellten Richtungen.

Gemäß der vorangehenden Beschreibung werden von der Zylinderlinse 20 die durch die Kollimatorlinse 7 parallel ausgerichteten Lichtstrahlen an dem hinteren Brennpunkt der Fokussierlinse 9 in Form einer Linie konvergiert, um die dermaßen konvergierten Lichtstrahlen in rechteckige Lichtstrahlen bzw. ein Lichtstrahlenband umzuwandeln. Von der Zylinderlinse 21 werden jedoch für das Umsetzen der Lichtstrahlen zu einem Strahlenband die von der Kollimatorlinse 7 parallel ausgerichteten Lichtstrahlen direkt in den Richtungen der Pfeile x divergiert. In diesem Fall werden die Strahlen als Linie scheinbar an einem vorderen Brennpunkt ( $-f_1$ ) der Zylinderlinse 21 fokussiert.

Das Verfahren zur Informationswiedergabe und das Prinzip der Erfassung der Absolutstellungen die bei dem in Fig. 2B gezeigten Drehmeßgeber angewandt werden, werden hier nicht näher beschrieben, da sie mit dem bei dem Drehmeßgeber nach Fig. 2A angewandten identisch sind.

Die Fig. 3A, 3B und 3C veranschaulichen ein zweites Ausführungsbeispiel der Absolutstellungs-Erfassungsvorrichtung, bei der das Erfassungsverfahren angewandt wird, und sind schematische Ansichten optischer Systeme, bei denen statt der in Fig. 2A und 2B gezeigten Codierer Reflexions-Codierer verwendet werden.

In Fig. 3A werden zur Bezeichnung gleicher oder einander entsprechender Komponenten die gleichen Bezugszeichen wie bei dem in Fig. 2A gezeigten Drehmeßgeber verwendet. Eine lichtdurchlässige Planparallelplatte 11 dient als Strahlenteiler, während mit 12 eine zweite Fokussierlinse bezeichnet ist. Die Brennweite  $f_3$  der zweiten Fokussierlinse 12 wird derart gewählt, daß zwischen der Brennweite  $f_3$  und der Brennweite  $f_2$  der Fokussierlinse 9 die Beziehung  $f_3 > f_2$  eingehalten werden kann.

Ein jedes der Informationsmuster 2 bei diesem zweiten Ausführungsbeispiel ist durch eine Reihe von mit dem vorangehend genannten Reflexionsfilm gebildeten Rechteckmustern anstelle der bei dem in Fig. 2A gezeigten ersten Ausführungsbeispiel verwendeten Schlitzreihe gebildet.

In dem in Fig. 3A gezeigten Drehmeßgeber ist die Planparallelplatte 11 in dem optischen Weg zwischen der konvexen Zylinderlinse 20 und der Fokussierlinse 9 angeordnet. Die Planparallelplatte 11 ist in einem Winkel von  $45^\circ$  zu der optischen Achse geneigt, so daß die von dem Informationsmuster 2 an der Drehskala 1 reflektierten Lichtstrahlen auf die in Fig. 3A unten dargestellte zweite Fokussierlinse 12 gerichtet werden.

Nachdem die von dem Informationsmuster 2 reflektierten Lichtstrahlen noch einmal von der Planparallelplatte 11 reflektiert worden sind, werden sie durch die zweite Fokussierlinse 12 auf dem Zeilensensor 10 fokussiert. Die Planparallelplatte 11 ist in der Nähe der Brennpunktlinie der Zylinderlinse 20 an einer Stelle im Abstand von ungefähr  $f_2$  von der Fokussierlinse 9, nämlich nahe dem vorderen Brennpunkt der Fokussierlinse 9 angeordnet. Die zweite Fokussierlinse 12 ist an einer

Stelle angeordnet, die von der Planparallelplatte 11 einen Abstand gleich der Brennweite  $f_3$  der zweiten Fokussierlinse 12 hat.

Gemäß der vorstehenden Beschreibung besteht zwischen den Brennweiten  $f_2$  und  $f_3$  der beiden Fokussierlinsen der Zusammenhang  $f_3 > f_2$ . Daher wird die das Informationsmuster 2 bildende Reihe aus Rechteckmustern in vergrößertem Maßstab auf den Zeilensensor 10 projiziert. Infolgedessen können selbst dann, wenn die Breite der Spur der Rechteckmusterreihen durch weiteres Erhöhen der Anzahl der Spuren an der Drehskala 1 verkleinert ist, durch das Projizieren der Reihe der Rechteckmuster in vergrößertem Maßstab auf den Zeilensensor die von den jeweiligen Rechteckmustern reflektierten Lichtstrahlen unterscheidbar getrennt werden, so daß dadurch die durch die Rechteckmusterreihe dargestellten Informationen immer mit hoher Genauigkeit wiedergegeben werden. Bei diesem in Fig. 3A dargestellten Drehmeßgeber ist die Planparallelplatte 11 in der Nähe des vorderen Brennpunkts der Fokussierlinse 9 angeordnet, jedoch besteht keine Einschränkung auf diese Anordnung. Falls jedoch wie bei diesem zweiten Ausführungsbeispiel ein Vergrößerungsprojektionssystem verwendet wird, ist für die Miniaturisierung des Systems die in Fig. 3A dargestellte optische Anordnung zweckdienlich, da bei dieser Anordnung die Planparallelplatte 11 verkleinert und der Abstand zwischen der Planparallelplatte 11 und der zweiten Fokussierlinse 12 verkürzt werden kann.

Die optische Anordnung des Drehmeßgebers gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel ist im wesentlichen die gleiche wie diejenige des in Fig. 2A dargestellten Drehmeßgebers mit der Ausnahme, daß bei dem zweiten Ausführungsbeispiel ein Detektorsystem aus der Planparallelplatte 11, der zweiten Fokussierlinse 12 und dem Zeilensensor 10 verwendet wird. Infolgedessen ist das Verfahren, die von dem Halbleiterlaser 6 abgegebenen Laserstrahlen über die Kollimatorlinse 7, die Zylinderlinse 20, die Planparallelplatte 11 und die Fokussierlinse 9 auf die Drehskala 1 zu richten, um auf das durch die Rechteckmuster gebildete Informationsmuster 2 die Laserstrahlen in Form einer Linie zu werfen, dem bei dem Drehmeßgeber nach Fig. 2A angewandten Verfahren gleich. Die bei Drehmeßgebern gemäß der Darstellung in Fig. 3A erzielten Funktionen und Wirkungen sind im wesentlichen den in Verbindung mit Fig. 2A beschriebenen gleich, so daß daher ihre Erläuterung weggelassen wird.

Der in Fig. 3B dargestellte Drehmeßgeber hat ein Vergrößerungsprojektionssystem, bei dem die zweite Fokussierlinse 12 nach Fig. 3A weggelassen ist.

In Fig. 3B sind zur Bezeichnung gleicher oder einander entsprechender Komponenten die gleichen Bezugszeichen wie in Fig. 2A verwendet. Der Drehmeßgeber nach Fig. 3B hat jedoch eine von der Anordnung nach Fig. 3A verschiedene optische Anordnung.

Bei diesem Ausführungsbeispiel werden die von dem Halbleiterlaser 6 abgegebenen divergierenden Laserstrahlen durch die Kollimatorlinse 7 parallel ausgerichtet. Diese parallelen Laserstrahlen fallen auf die Zylinderlinse 20 und werden von dieser in Form einer Linie an der hinteren Brennlinie der Zylinderlinse 20 fokussiert.

Gemäß den Fig. 2A, 2B und 3A fällt diese Brennlinie mit dem vorderen Brennpunkt der Fokussierlinse 9 zusammen. Daher konvergieren die in der Form einer Linie fokussierten Laserstrahlen in den mit den Pfeilen y dargestellten Richtungen, wobei sie aber in den durch

die Pfeile x dargestellten Richtungen parallele Laserstrahlen bilden, die auf das Informationsmuster 2 gerichtet sind. Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 3B wird jedoch diese Brennlinie nicht in den von der Fokussierlinse 9 um die Brennweite  $f_2$  beabstandeten vorderen Brennpunkt der Fokussierlinse 9 gelegt, sondern an eine Stelle in einem Abstand von  $f_2 - \Delta f$  von der Fokussierlinse 9 ( $\Delta f > 0$ ).

Infolgedessen werden die durch die Zylinderlinse 20 in der Form einer Linie fokussierten Laserstrahlen durch die Fokussierlinse 9 gemäß Fig. 3B in den y-Richtungen konvergiert und in den x-Richtungen divergiert, wonach die sich ergebenden Laserstrahlen auf das Informationsmuster 2 gerichtet werden.

Gemäß der Darstellung ist die Planparallelplatte 11, die in dem optischen Weg zwischen der Fokussierlinse 9 und der Drehskala 1 angeordnet ist, in bezug auf die optische Achse geneigt. Die von der Fokussierlinse 9 auf das Informationsmuster 2 gerichteten Laserstrahlen treten durch die Planparallelplatte 11 hindurch, wobei sie gemäß Fig. 3B in den Richtungen der Pfeile y konvergieren, aber in den Richtungen der Pfeile x divergieren. Mit den sich ergebenden Laserstrahlen in Form einer Linie bzw. eines Bandes wird eine Reihe von Rechteckmustern beleuchtet, die das Informationsmuster 2 an der Drehskala 1 bilden. Diese linienförmigen Laserstrahlen werden in den y-Richtungen auf ausreichende Weise derart fokussiert, daß die Breite der Laserstrahlenlinie in den y-Richtungen nicht größer als die Breite der Rechteckmuster in deren y-Richtungen ist.

Die von dem Informationsmuster 2 an der Drehskala 1 reflektierten Lichtstrahlen werden zu der Planparallelplatte 11 in einem Zustand zurückgeworfen, bei dem sie in den x-Richtungen und den y-Richtungen divergieren. Nach der Reflexion durch die Planparallelplatte 11 fallen die Strahlen auf die eindimensionale Sensoranordnung bzw. den Zeilensensor 10, wodurch die Rechteckmusterreihe des Informationsmusters 2 in vergrößertem Maßstab auf den Zeilensensor 10 projiziert wird.

Infolgedessen kann selbst dann, wenn durch Erhöhen der Anzahl von Spuren an der Drehskala 1 die Spurbreite verkleinert ist, durch das Projizieren des Informationsmusters 2 auf den Zeilensensor 10 in vergrößertem Maßstab wie bei den vorangehend beschriebenen Ausführungsbeispielen die Information auf normale Weise mit hoher Genauigkeit reproduziert werden. Ferner kann eine Verringerung der Abmessungen und der Dicke des ganzen Systems erreicht werden, da das optische System mit weniger Teilen als bei der Gestaltung nach Fig. 3A aufgebaut werden kann.

Es ist anzumerken, daß bei der in Fig. 3A gezeigten Anordnung die Fokussierlinse 12 weggelassen werden kann und die von der Planparallelplatte 11 reflektierten Laserstrahlen direkt von dem Zeilensensor 10 aufgenommen werden können.

Die Fig. 3C zeigt einen Absolutwert-Wegmeßgeber, der eine andere Abwandlungsform des zweiten Ausführungsbeispiels darstellt. Mit 13 ist ein bewegbares Objekt bzw. eine Linearskala bezeichnet, das bzw. die in den durch einen Doppelpfeil dargestellten Richtungen versetzt wird. In der Fig. 3C sind gleiche oder entsprechende Komponenten wie bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen und deren Abwandlungsformen mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

Dieser als Abwandlungsform des zweiten Ausführungsbeispiels dargestellte Wegmeßgeber ist ein Reflexions-Meßgeber, der den in Fig. 3A und 3B gezeigten



ähnlich ist. Die Anzahl der bei dieser Abwandlungsform verwendeten Teile ist jedoch gegenüber der Anzahl der bei dem Meßgeber nach Fig. 3B verwendeten Teile weiter verringert, wodurch eine weitere Verringerung der Abmessungen und eine Vereinfachung des Aufbaus und damit eine Kostenverringerung erreicht werden kann.

Bei dieser Abwandlungsform fallen die von dem Halbleiterlaser 6 abgegebenen divergierenden Laserstrahlen direkt auf eine konvexe Zylinderlinse 22. Der Abstrahlungspunkt des Halbleiterlasers 6 ist in den vorderen Brennpunkt der Zylinderlinse 22, nämlich an eine Stelle gelegt, die von der Zylinderlinse 22 einen Abstand hat, der gleich der Brennweite  $f_1$  der Zylinderlinse 22 ist; die Brechkraft der Zylinderlinse 22 wirkt in den Richtungen der Pfeile y nach Fig. 3C. Daher fallen die divergierenden Laserstrahlen auf die Zylinderlinse 22 und treten durch diese in der Form paralleler Laserstrahlen hinsichtlich der y-Richtungen, aber divergierender Laserstrahlen hinsichtlich der x-Richtungen hindurch.

Die durch die Zylinderlinse 22 hindurchtretenden Laserstrahlen werden von der Fokussierlinse 9 auf das Informationsmuster 2 an dem bewegbaren Objekt 13 gerichtet. Wie im Falle der in Fig. 3B dargestellten Abwandlungsform werden diese Laserstrahlen von der Fokussierlinse 9 gemäß Fig. 3C in den y-Richtungen konvergiert und in den x-Richtungen divergiert. Das Informationsmuster 2 wird mit den Strahlen in diesem Zustand beleuchtet.

Die durch die Fokussierlinse 9 hindurchtretenden Laserstrahlen beleuchten in Form einer Linie bzw. eines Bandes durch die Planparallelplatte 11 hindurch eine Rechteckmusterreihe des Informationsmusters 2. Die von dem Informationsmuster 2 reflektierten Lichtstrahlen werden von der Planparallelplatte 11 nochmal reflektiert und in vergrößertem Maßstab auf den Zeilensensor 10 projiziert.

Bei dem in Verbindung mit Fig. 3C beschriebenen Wegmeßgeber ist auf dem bewegbaren Objekt bzw. der Linearskala 13 eine Vielzahl von Spuren ausgebildet, die sich parallel zueinander in der Bewegungsrichtung der Linearskala 13 erstrecken. Auf jeder Spur sind als Datenelemente dienende Rechteckmuster gebildet, wobei die Lageinformation durch eine jeweilige Rechteckmusterreihe dargestellt ist, die in den x-Richtungen, in denen die Spuren nebeneinander gesetzt sind, nämlich in den im wesentlichen zur Bewegungsrichtung der Linearskala 13 senkrechten Richtungen gebildet ist. Die Erfassung der Lageinformation erfolgt auf genaue Weise nach einem Prinzip, das zu demjenigen bei den Drehmeßgebern gemäß den vorangehend beschriebenen Ausführungsbeispielen gleichartig ist. Ferner können selbst dann, wenn eine Vielzahl von Spuren mit sehr kleinen Teilungsabständen vorgesehen ist, die jeweiligen Informationsmuster und Datenelemente mit einem hohen Grad von Trennung erfaßt werden, wodurch sich ein Meßgeber mit hohem Auflösungsvermögen ergibt.

Bei den in Verbindung mit den Fig. 3A, 3B und 3C beschriebenen Meßgebern wird die Planparallelplatte 11 verwendet, da bei diesen Meßgebern optische Reflexions-Anordnungen verwendet werden. Die Verwendung der Planparallelplatte 11, die ein preiswertes optisches Teil ist, ist unter der Voraussetzung vorzuziehen, daß der Halbleiterlaser 6 eine ausreichend hohe Ausgangsleistung hat oder daß die Sensorelemente des Zeilensensors hohe Empfindlichkeit haben. Falls jedoch die Leistung der Laserlichtquelle verhältnismäßig gering ist oder die Empfindlichkeit der Sensorelemente nicht allzu hoch ist, kann in den beschriebenen Meßgebern anstelle

der Planparallelplatte ein aus einer Viertelwellenlängenplatte und einem Polarisationsstrahlenteiler gebildetes System zum Trennen der optischen Wege verwendet werden. Ferner kann auch die Planparallelplatte 11 durch einen Halbspiegel oder ein äquivalentes Bauelement ersetzt werden.

Zum Erreichen einer hohen Stabilität bzw. Gleichmäßigkeit der Erfassungsgenauigkeit ist es ratsam, den Teilungsabstand der Elemente des Zeilensensors 10 und den Spurenteilungsabstand der Spuren an der Drehskala 1 oder der Linearskala 13 in einem derartigen gegenseitigen Verhältnis festzulegen, daß diese Teilungsabstände einander gleich sind oder jeweils ein ganzzahliges Vielfaches oder ein ganzzahliger Teil des jeweils anderen Teilungsabstandes sind.

Die eindimensionale Sensoranordnung bzw. der Zeilensensor kann durch eine Reihe von Fotodioden oder eine Reihe von Bildelementen mit Ladungsübertragung wie eine Ladungskopplungsvorrichtung (CCD) gebildet sein. Die Art des Zeilensensors kann auf geeignete Weise entsprechend der Bestimmung des Meßgebers gewählt werden.

Bei den beschriebenen Ausführungsbeispielen enthalten der Lageinformationscode und andere zu reproduzierende Informationen eindimensionale Anordnungen von Datenelementen. Die für die Reproduktion dieser Informationen benutzte Sensoranordnung muß jedoch nicht unbedingt eindimensional sein. D.h., es kann beispielsweise eine zweidimensionale Sensoranordnung verwendet werden.

Die Fig. 4 zeigt schematisch ein optisches System, das bei einer Abwandlungsform des in Fig. 3C gezeigten Codierers verwendet wird. Diese Abwandlungsform stellt wie die in den Fig. 2A und 2B gezeigten Meßgeber einen Lichtdurchlaß-Codierer dar. In der Fig. 4 sind gleiche Teile oder Elemente wie die in Fig. 3C gezeigten mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet. Die in Fig. 4 gezeigte Zylinderlinse 22 hat gleichermaßen wie die Zylinderlinse 22 in dem in Fig. 3C gezeigten System nur in den y-Richtungen Brechkraft.

Die divergierenden Lichtstrahlen aus dem Halbleiterlaser 6 werden von der Zylinderlinse 22, die an einer Stelle angeordnet ist, welche von dem Abstrahlungspunkt einen Abstand gleich der Brennweite  $f_1$  der Zylinderlinse hat, nur in den y-Richtungen parallel ausgerichtet bzw. kollimiert. Die Fokussierlinse 9 ist an einer Stelle angeordnet, die von dem Abstrahlungspunkt des Halbleiterlasers 6 einen Abstand hat, der gleich der Brennweite  $f_2$  der Fokussierlinse ist. Durch die Fokussierlinse 9 werden die Strahlen aus der Zylinderlinse 22 in den y-Richtungen konvergiert und in den x-Richtungen parallel ausgerichtet. Die dermaßen parallel ausgerichteten Laserstrahlen werden auf das Informationsmuster 2 gerichtet. Infolgedessen wird das Informationsmuster mit einem Strahlenband aus der Fokussierlinse 9 beleuchtet. Es ist anzumerken, daß in den y-Richtungen gemessen die Breite des Strahlenbands kleiner als die Breite der Datenelemente gewählt wird. Die Datenelemente können wie gemäß der Erläuterung in Verbindung mit den Fig. 2A und 2B durch Schlitze gebildet sein.

Die durch das Informationsmuster 2 hindurchtretenden Strahlen treffen in den y-Richtungen konvergierend auf den Zeilensensor 10 auf, so daß die das Informationsmuster bildende Reihe von Datenelementen auf den Zeilensensor 10 projiziert wird, wodurch die Information wiedergegeben wird.

Die Fig. 5A und 5B zeigen optische Systeme von Ab-

wandlungsformen der in den Fig. 3A und 3B gezeigten Drehmeßgeber. Diese Abwandlungsformen sind Lichtdurchlaß- bzw. Reflexions-Meßgeber mit kompaktem Aufbau mit einer verringerten Anzahl von Teilen.

Eines der optischen Systeme hat eine zweite Zylinderlinse 14 mit Brechkraft in den Richtungen der Pfeile y. Die anderen Komponenten der optischen Systeme sind die gleichen wie diejenigen in den in den Fig. 3A und 3B dargestellten Systemen und mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet. Die Richtungen der Brechkraft der Zylinderlinse 22 in den Systemen nach Fig. 5A und 5B sind wie bei den in den Fig. 3C und 4 gezeigten Zylinderlinsen zu den Richtungen der Brechkraft der Zylinderlinsen 20 und 21 bei den in den Fig. 2A, 2B, 3A und 3B gezeigten Anordnungen senkrecht.

Es ist ersichtlich, daß bei den in den Fig. 5A und 5B gezeigten optischen Systemen keinerlei Kollimatorlinse und Fokussierlinse verwendet wird und das Brechungssystem allein aus Zylinderlinsen gebildet ist.

Nach Fig. 5A treffen die von dem Halbleiterlaser 6 abgegebenen divergierenden Laserstrahlen auf die Zylinderlinse 22, die auf der optischen Achse an einer Stelle angeordnet ist, welche von dem Abstrahlungspunkt des Halbleiterlasers 6 einen Abstand l1 hat. Die Stelle, an der die Zylinderlinse 22 angeordnet ist, hat von dem Informationsmuster 2 an der Drehskala 1 einen Abstand l2. Die in die Zylinderlinse 22 fallenden divergierenden Strahlen werden nur in den y-Richtungen konvergiert, jedoch in den x-Richtungen überhaupt nicht gebrochen. Die Strahlen aus der Zylinderlinse 22 werden auf das Informationsmuster 2 gerichtet. Infolgedessen wird das Informationsmuster mit Strahlen beleuchtet, die nur in den y-Richtungen konvergieren.

Wenn die Brennweite der Zylinderlinse 22 mit f bezeichnet ist, besteht im sog. Achsenschnitt folgende Beziehung:

$$1/l_1 + 1/l_2 = 1/f$$

Auf diese Weise sind der Abstrahlungspunkt des Halbleiterlasers 6 und das Informationsmuster 2 zueinander in den y-Richtungen konjugiert.

Die Strahlen, die durch das beispielsweise durch eine Reihe von Schlitzen gebildete Informationsmuster 2 hindurchgetreten sind, gelangen zu dem Zeilensensor 10, wobei sie sowohl in den x-Richtungen als auch in den y-Richtungen divergieren, so daß das Informationsmuster 2 der Drehskala 1 in größerem Maßstab auf den Zeilensensor 10 projiziert wird. Bei dem beschriebenen Meßgeber wird jedoch die Divergenz der Strahlen in den y-Richtungen durch die zweite Zylinderlinse 14 aufgehoben, die zwischen die Drehskala 1 und den Zeilensensor 10 gesetzt ist.

Die zweite Zylinderlinse, durch die die von dem Informationsmuster 2 kommenden und in den y-Richtungen divergierenden Strahlen wirkungsvoll konvergiert werden, ermöglicht das wirksame Bestrahlen des Sensors, was zu einer Verkleinerung des Sensors beiträgt. Es ist ersichtlich, daß das Informationsmuster 2 und der Zeilensensor 10 zueinander in den y-Richtungen in bezug auf die Zylinderlinse 14 konjugiert sind. Diese Konjugation ist jedoch nicht wesentlich.

Das System gemäß dieser Abwandlungsform kann in der Weise weiter abgewandelt werden, daß die zweite Zylinderlinse 14 weggelassen wird und der Zeilensensor 10 in geringem Abstand von der Drehskala 1 angeordnet wird.

Gemäß Fig. 5B fallen die divergierenden Strahlen aus

dem Halbleiterlaser 6 auf die Planparallelplatte 11 die gegen die optische Achse geneigt angeordnet ist. Die divergierenden Strahlen treten divergierend durch die Planparallelplatte 11 hindurch und treffen auf die Zylinderlinse 22.

Die Zylinderlinse 22 konvergiert die Strahlen nur in der Richtung der Pfeile y in der Weise, daß das Informationsmuster 2 an der Drehskala 1 mit einem Strahlenband beleuchtet wird. Die Breite des Strahlenbands in den y-Richtungen ist kleiner als die in den gleichen y-Richtungen gemessene Breite der reflektierenden Rechteckmusterreihe, die das Informationsmuster 2 bildet.

Die von der Rechteckmusterreihe des Informationsmusters 2 reflektierten Strahlen treffen wieder auf die Zylinderlinse 22. Die in die Zylinderlinse 22 eintretenden Strahlen zeigen Divergenz in den y-Richtungen, werden aber von der Zylinderlinse 22 in den y-Richtungen konvergiert. Die auf diese Weise konvergierten Strahlen werden dann von der Planparallelplatte 11 reflektiert. In den x-Richtungen bleiben die Strahlen jedoch weiterhin divergierend.

Darauffolgend treffen die von der Planparallelplatte 11 reflektierten Strahlen auf den Zeilensensor 10, wodurch das Bild des Informationsmusters 2 in größerem Maßstab auf den Zeilensensor 10 projiziert wird.

Auf diese Weise hat in dem in Fig. 5B gezeigten optischen System die Zylinderlinse 22 zweierlei Funktion, nämlich die Funktion der Zylinderlinse 22 in dem in Fig. 5A gezeigten optischen System und die Funktion der zweiten Zylinderlinse 14 in diesem System. Es ist auf diese Weise möglich, einen Reflexions-Codierer bzw. -Meßgeber mit hoher Erfassungsgenauigkeit und hohem Auflösungsvermögen mit vier Grundelementen zu erhalten, nämlich mit dem Halbleiterlaser 6, der Planparallelplatte 11, der Zylinderlinse 22 und dem Zeilensensor 10.

Bei den Lichtdurchlaß-Meßgebern gemäß Fig. 4 und 5A ist durch die Verringerung der Anzahl verwendeter Teile gleichfalls ein Beitrag zur Verkleinerung und zur Verringerung der Kosten der Stellungserfassungsvorrichtung geleistet.

Gemäß der vorstehenden Beschreibung wird bei dem optischen Verfahren zur Reproduktion von Lageinformationen eine von einer Vielzahl von Reihen von Datenelementen, die in einer vorbestimmten Richtung aufgereiht sind und eine vorbestimmte Lageinformation darstellen, mit einem Strahlenband beleuchtet, dessen in der Richtung senkrecht zu der Reihenanordnung gemessene Breite kleiner als diejenige der Datenelemente ist, so daß daher die Information aus der Datenelementereihe immer mit hoher Genauigkeit wiedergegeben wird.

Vielerlei voneinander verschiedene Informationsteile werden durch voneinander verschiedene Reihen aus gleichartigen Datenelementen dargestellt, wobei die Reihen in der Richtung angeordnet werden, die im wesentlichen zu der Richtung senkrecht ist, in der sich die Reihen erstrecken. Mit dem beschriebenen Erfassungsverfahren ist es möglich, eine deutliche Trennung zwischen den in den benachbarten Datenelementereihen enthaltenen Informationsteile zu erzielen. Hierdurch wird es wiederum möglich, die Datenelemente und den Teilungsabstand bei der Anordnung der Datenelementereihen zu verkleinern, ohne das Auflösungsvermögen zu beeinträchtigen.

Die Absolutstellungs-Erfassungsvorrichtung, bei der das vorstehend beschriebene Verfahren angewandt

wird, ist insofern vorteilhaft, als die Anzahl der die Datenelemente tragenden Spuren beträchtlich gesteigert werden kann, da die Reihen der die Lageinformation darstellenden Datenelemente mit ausreichend kleinem Teilungsabstand an einem drehbaren oder bewegbaren Objekt angeordnet werden, wodurch die Stellungserfassung mit hohem Auflösungsvermögen bewerkstelligt werden kann.

Ferner können die Abmessungen der Vorrichtung verringert und der Aufbau vereinfacht werden, so daß ein kompakter Absolutwert-Meßgeber mit hohem Auflösungsvermögen erzielt wird.

Bei einigen Ausführungsbeispielen wird die Reihe aus den die Lageinformation darstellenden Datenelementen derart auf einen Sensor projiziert, daß die jeweiligen Datenelemente mit hoher Unterscheidbarkeit voneinander abgesondert sind. Hierdurch wird es wiederum möglich, die Abmessungen der Datenelemente zu verringern und auf einer vorgegebenen Fläche des Objekts eine größte Anzahl von Spuren auszubilden.

Bei dem beschriebenen Verfahren bzw. den Vorrichtungen zu dessen Ausführung wird ein Strahlenband dadurch gebildet, daß die Strahlen aus einer Lichtquelle mit einem sehr kleinen Lichtabstrahlungspunkt oder aus einer Lichtquelle für die Abgabe von Lichtstrahlen mit starker Bündelung fein konvergiert werden. In den Erfassungsvorrichtungen kann insbesondere als preisgünstige und kompakte Lichtquelle zweckdienlich ein Halbleiterlaser eingesetzt werden.

Die Fig. 6 ist eine schematische Darstellung eines optischen Systems in einem weiteren Ausführungsbeispiel der als Drehmeßgeber gestalteten Erfassungsvorrichtung. Gemäß dieser Figur ist eine durch eine Skalenplatte gebildete Drehskala 1 an einem (nicht gezeigten) drehbaren Meßobjekt befestigt. Das optische System umfaßt einen Gitterteil bzw. ein Gittermuster 1A für das Erzeugen eines Schrittesignals. Das Gittermuster 1A besteht aus einer Anzahl von Gitterelementen, die in gleichmäßigen Teilungsabständen radial um eine Drehachse 0 herum an dem Außenumfangsbereich der Drehskala 1 angeordnet sind. Der Teilungsabstand ist weit aus kleiner als die Breite eines jeweiligen Gray-Codes eines nachfolgend beschriebenen Codeteils bzw. Codemusters 1C. Eine Lesevorrichtung 2A dient zur Aufnahme des Schrittesignals über das Gittermuster 1A.

Das optische System hat ferner ein Bezugsstellungsgittermuster 1B, das gegebenenfalls zum Erzeugen eines Bezugsstellungssignals dient. Das Bezugsstellungsgittermuster 1B ist an der Innenseite des Gittermusters 1A angeordnet. Zur Aufnahme des Bezugsstellungssignals über das Bezugsstellungs-Gittermuster 1B dient eine weitere Lesevorrichtung 10B. Das vorstehend genannte Codemuster 1C dient zum Erzeugen eines Absolutwertsignals. Das Codemuster ist durch jeweilige binäre Gray-Codes gebildet, die wie bei den vorangehend beschriebenen Ausführungsbeispielen durch lichtdurchlässige Teile und undurchlässige Teile gebildet sind. Das Codemuster 1C ist innerhalb des Bezugsstellungs-Gittermusters 1B diesem benachbart angeordnet. Über das Codemuster 1C wird das Absolutwertsignal von einer nächsten Lesevorrichtung 2C aufgenommen. Mit L sind Lichtstrahlen bezeichnet. Die Lichtstrahlen L, die auf das Gittermuster 1A an der Drehskala 1 treffen und durch dieses gebeugt werden, werden von Spiegelvorrichtungen 3A derart reflektiert, daß sie auf die ursprüngliche Einfallstelle treffen.

Obgleich dies nicht dargestellt ist, sind den jeweiligen Lesevorrichtungen 2B und 2C über die Drehskala 1 hin-

weg Lichtquellen gegenübergesetzt.

Bei diesem Ausführungsbeispiel der Stellungserfassungsvorrichtung werden Lichtstrahlen auf die Gittermuster und das Codemuster der Drehskala gerichtet, wobei der direkt durch die Drehskala 1 durchgelassene Teil und der an der Drehskala 1 gebeugte Teil der Lichtstrahlen jeweils von den Lesevorrichtungen 2A, 2B und 2C aufgenommen wird, die die entsprechenden Ausgangssignale erzeugen.

Im einzelnen fallen die Lichtstrahlen L aus der Lichtquelle auf das Gittermuster 1A der Drehskala 1, wonach eine Interferenz von zwei Beugungskomponenten der durch das Gittermuster 1A gebeugten Strahlen herbeigeführt wird, um Interferenzstreifen zu bilden. Durch das Zählen der hellen und dunklen Teile der Interferenzstreifen kann ein Signal erzielt werden, das den Bewegungszustand des Objekts anzeigt.

Die Fig. 7 ist eine grafische Darstellung von Signalen aus den Lesevorrichtungen 2A, 2B und 2C. Im einzelnen zeigt die Figur ein inkrementales bzw. Schrittesignal a aus der Lesevorrichtung 2A, ein Bezugsstellungssignal b aus der Lesevorrichtung 2B und Absolutwertsignale c1 bis c6 auf der Lesevorrichtung 2C.

Bei diesem Ausführungsbeispiel werden die Genauigkeitsgrade der Komponenten derart festgelegt, daß die Genauigkeit des Bezugsstellungssignals gleich derjenigen des Schrittesignals oder höher ist. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird das Bezugsstellungssignal derart genutzt, daß die absolute Stellung der Drehskala 1 in dem Moment der Erzeugung des Bezugsstellungssignals erfaßt wird, so daß irgendein Verlust an Erfassungsgenauigkeit vermieden wird, der sonst durch die Unbestimmtheit in der Übergangsperiode zwischen aufeinanderfolgenden Absolutwertsignalen entstehen könnte.

Auf diese Weise werden bei diesem Ausführungsbeispiel das Absolutwertsignal und das Schrittesignal gleichzeitig erfaßt, so daß die Absolutstellung mit hoher Genauigkeit mit dem Absolutwertsignal ermittelt wird, während die Periode zwischen aufeinanderfolgenden Absolutwertsignalen mittels des Schrittesignals interpoliert wird. Infolgedessen kann mit dem Meßgeber gemäß diesem Ausführungsbeispiel die Stellung eines Objekts mit hohem Auflösungsvermögen erfaßt werden.

Das Bezugsstellungs-Gittermuster 1B für das Erzeugen des Bezugsstellungssignals ist nicht von wesentlicher Bedeutung. Wenn das Bezugsstellungs-Gittermuster 1B weggelassen wird, wird dadurch die Erfassungsgenauigkeit nur geringfügig beeinträchtigt. Dies verursacht jedoch keinerlei Problem unter der Voraussetzung, daß das Schrittesignal in der Übergangsperiode zwischen den aufeinanderfolgenden Absolutwertsignalen gelesen wird.

Die Fig. 8A, 8B und 8C zeigen Beispiele für das optische System in einem Linearcodierer bzw. Wegmeßgeber als Ausführungsbeispiel der Meß- oder Erfassungsvorrichtung. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind Gitterbereiche bzw. Gittermuster 34 und 36 eindimensional in der Bewegungsrichtung einer Linearskala 1 angeordnet. Ein Codebereich bzw. Codemuster 37 besteht aus einer Vielzahl von Spuren, die sich in der durch einen Pfeil x dargestellten Bewegungsrichtung erstrecken, wobei jede Spur lichtdurchlässige und undurchlässige Bereiche enthält, die auf vorbestimmte Weise angeordnet sind. Bei dem in Fig. 8A gezeigten System ist das Bezugsstellungs-Gittermuster 34 für das Bilden des Bezugsstellungssignals aus einer Vielzahl von Rechtecken gebildet, die in regelmäßigen Abständen in der Bewegungsrichtung angeordnet sind und jeweils kleine Breite

haben. Andererseits besteht bei der in Fig. 8B dargestellten Anordnung das Bezugsstellungs-Gittermuster 34 aus Paaren gegeneinander versetzter Rechtecke, die in gleichmäßigen Abständen in der Bewegungsrichtung angeordnet sind. Bei der in Fig. 8C gezeigten Anordnung enthält das Bezugsstellungs-Gittermuster 34 Rechtecke, die gegeneinander abwechselnd versetzt in der Bewegungsrichtung angeordnet sind.

Bei jeder dieser Anordnungen werden Lichtstrahlen 31 aus einer (nicht gezeigten) Lichtquelle von einem Halbspiegel 32 reflektiert und über eine Zylinderlinse auf das Gittermuster 34 gerichtet. Das von dem Gittermuster 34 reflektierte Licht gelangt über die Zylinderlinse 33 und den Halbspiegel 32 zu einer Lesevorrichtung 35. Die Lesevorrichtung 35 hat beispielsweise ein Paar von Lichtempfangselementen 35A und 35B, so daß mit der Lesevorrichtung die reflektierten Lichtstrahlen zeitlich aufeinanderfolgend entsprechend der Bewegung der Linearskala 1 gelesen werden können.

Mit 36 ist das Gittermuster für das Lesen des Schrittsignals bezeichnet, während mit 37 das Codemuster für das Bilden des Absolutwertsignals bezeichnet ist. Bei der in Fig. 8A gezeigten Anordnung wird ein Strahlenband, das auf eine Breite konvergiert ist, die ungefähr zweimal so groß wie die Breite eines Rechtecks oder einer Linie des Gittermusters 34 ist, auf das Gittermuster 34 reflektierte Licht von der Lesevorrichtung 35 aufgenommen wird. Infolgedessen erzeugt die Lesevorrichtung 35 entsprechend der Bewegung der Linearskala 1 in x-Richtung ein Ausgangssignal gemäß der Darstellung in Fig. 9A. Im einzelnen wird aus den Ausgangssignalen der beiden Lichtempfangselemente 35A und 35B ein Differenzsignal gemäß Fig. 9B gebildet. Aus dem Differenzsignal wird der Moment bestimmt, an dem die Pegel der Ausgangssignale der beiden Lichtempfangselemente 35A und 35B einander gleich werden, wobei zu diesem Zeitpunkt ein Impulssignal gemäß Fig. 9C erzeugt wird, durch das das Bezugsstellungssignal gemäß Fig. 7b gebildet wird.

Die Lesevorrichtungen 35 in den Systemen gemäß Fig. 8B und 8C erzeugen Signale gemäß der Darstellung in Fig. 9D bzw. 9F. In diesen beiden Systemen wird wie bei der Anordnung nach Fig. 8A ein aus den beiden Ausgangssignalen der jeweiligen Lichtempfangselemente erhaltenes Differenzsignal ausgewertet und ein Impulssignal zu dem Zeitpunkt erzeugt, an dem die Pegel der beiden Ausgangssignale einander gleich werden; dadurch wird das in Fig. 9C gezeigte Bezugsstellungssignal gebildet.

Das optische System für das Bilden des Absolutwertsignals aus dem Codemuster 37 kann bei jeder der in den Fig. 8A bis 8C gezeigten Anordnungen das gleiche sein wie bei den in Fig. 2A und 2B gezeigten Systemen.

Die Fig. 10A und 10B zeigen Abwandlungen des vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiels nach Fig. 6 und insbesondere unterschiedliche Formen des Codemusters für das Erzeugen des Absolutwertsignals.

Gemäß den Fig. 10A und 10B hat ein Codemuster 51 zum Erzeugen des Absolutwertsignals einen Musterbereich, der derart gestaltet ist, daß eine zyklische Änderung der Menge des von dem Muster durchgelassenen, oder reflektierten Lichts mit einer Periode hervorgerufen wird, die einer vollen Umdrehung der Drehskala 1 entspricht. Daher kann das Codemuster 51 durch ein Neutral- bzw. Graufilter mit sich fortschreitend ändernder Dichte gebildet sein. Im einzelnen ist bei der in Fig. 10A gezeigten Anordnung das Codemuster 51

durch einen einzigen Musterteil gebildet, während das Codemuster 51 nach Fig. 10B durch ein Paar aus Musterteilen gebildet ist.

Bei der Verwendung der in den Fig. 10A und 10B dargestellten Drehskalen erzeugen die Lesevorrichtungen 2A bis 2C jeweils Ausgangssignale gemäß der Darstellung in Fig. 11A und 11B. D.h., wenn das in Fig. 10A gezeigte Codemuster 51 verwendet wird, erzeugen die Lesevorrichtungen 2A bis 2C jeweils Signale a, b bzw. c gemäß Fig. 11A. Signale c1 und c2 nach Fig. 11B werden dann erzielt, wenn das Codemuster 51 nach Fig. 10B verwendet wird. Durch geeignetes Kombinieren und Verarbeiten der beiden Ausgangssignale c1 und c2 kann eine höhere Genauigkeit bei der Erfassung der Absolutstellung erreicht werden.

Bei den in Fig. 10A und 10B gezeigten Anordnungen kann der Teilungsabstand der Gitterelemente des Bezugsstellungs-Gittermusters 1B innerhalb eines Bereiches frei gewählt werden, bei dem gewährleistet ist, daß das analoge Absolutwertsignal c oder c1 und c2 deutlich unterscheidbar ist. Unter der Voraussetzung, daß bei der Aufzeichnung des Bezugsstellungs-Gittermusters eine hohe Genauigkeit eingehalten wird, kann mit guter Reproduzierbarkeit eine hohe Erfassungsgenauigkeit erzielt werden, die gut mit derjenigen des Schrittessignals gleichzusetzen ist.

Die dargestellten Lagen des Gittermusters, des Codemusters und des Bezugsstellungs-Gittermusters auf der Skala 1 sind nur als Beispiel gezeigt und können gewünschtenfalls gewechselt werden. Die Signallichtstrahlen von jedem Gitterbereich können in Form reflektierter Lichtstrahlen oder in Form durchgelassener Lichtstrahlen aufgenommen werden.

Nachstehend werden zwei Beispiele für ein Verfahren zur Verarbeitung der Ausgangssignale des in Fig. 6 gezeigten Drehmeßgebers in ein Signal beschrieben, das die Absolutstellung der Drehskala 1 darstellt.

Die Fig. 12A und 12B sind Blockschaltbilder von verschiedenen Beispielen für eine an den in Fig. 6 gezeigten Drehmeßgeber angeschlossene Signalverarbeitungsschaltung. Die Schaltungen enthalten einen Decodierer 71, einen Aufwärts/Abwärts-Zähler 72 und einen Speicher 73 bzw. den Decodierer 71, den Aufwärts/Abwärts-Zähler 72, eine Generatorschaltung 74 zum selektiven Erzeugen eines Bezugssignals und eine Schaltstufe 75.

Das Verfahren gemäß dem ersten Beispiel wird anhand der Fig. 12A erläutert. Nach diesem Verfahren wird bei jedem Erzeugen des Bezugsstellungssignals das Absolutwertsignal eingelesen und bis zum Empfang des nächsten Bezugsstellungssignals in dem Speicher 73 gespeichert. Andererseits wird bei jedem Erzeugen des Bezugsstellungssignals der Zähler 72 für das Zählen des Schrittessignals gelöscht. Durch die Absolutsignale wird die Stellung grob erfaßt, während mit den Schrittessignalen die Periode zwischen den Absolutwertsignalen interpoliert wird. Da die Genauigkeit der Zeitpunkte des Schaltens zwischen aufeinanderfolgenden Absolutwertsignalen gut an die Genauigkeit des Schrittessignals angeglichen ist, ist es möglich, durch Kombination zwischen dem durch das Schrittessignal und das Absolutwertsignal dargestellten numerischen Werten die Absolutstellung mit einem hohen Auflösungsvermögen zu bestimmen.

Das Bezugsstellungssignal wird von der Lesevorrichtung 2B in vorbestimmten Winkelabständen während der Drehung der Drehskala 1 erzeugt, während die Absolutwertsignale aufeinanderfolgend von der Lesevorrichtung 2C abgegeben werden und die synchron mit

den Bezugsstellungssignalen erhaltenen Absolutwertsignale in die Speichergruppe bzw. den Speicher 73 eingespeichert werden. Die gespeicherten Absolutwertsignale werden ohne Verzögerung ausgelesen und in diejenigen Bereiche des Decodierers 71 eingegeben, die den oberen Ziffernstellen entsprechen. Die Schrittesignale werden periodisch von der Lesevorrichtung 2A erzeugt und von dem Zähler 72 gezählt. Der Inhalt des Zählers 72 wird codiert und in denjenigen Bereich des Decodierers 71 eingegeben, der den unteren Ziffernstellen entspricht. Der Zähler 72 wird durch den Empfang des Bezugsstellungssignals rückgesetzt.

Das Verfahren gemäß dem zweiten Beispiel wird anhand der Fig. 12B beschrieben. Das mit einem ersten Bezugsstellungssignal gleichzeitige Absolutwertsignal wird eingelesen und als Anfangswert gespeichert. Zugleich wird der Zähler 72 für das Zählen der Schrittesignale rückgesetzt. Danach wird das Absolutwertsignal nicht gelesen und der Zähler 72 nicht rückgesetzt, während die Daten in dem Decodierer 71 allein durch die Aufstufung des Inhalts des Zählers 72 erneuert bzw. fortgeschrieben werden. Bei diesem Verfahren wird durch das Erfassen des mit dem nach der Inbetriebnahme der Vorrichtung erzeugten ersten Bezugsstellungssignals gleichzeitigen Absolutwertsignals die anfängliche Absolutstellung ermittelt, wonach die Schrittesignale zu dem Anfangswert der Absolutstellung addiert oder von diesem subtrahiert werden, so daß ein Absolutwertsignal mit hoher Genauigkeit und hohem Auflösungsvermögen erzielt wird.

Das Bezugsstellungssignal wird von der Lesevorrichtung 2B bei jeder Drehung um eine vorbestimmte Winkелеinheit erzeugt. Die Generatorschaltung 74 ist derart ausgebildet, daß sie nur das erste Bezugsstellungssignal, jedoch nicht die nachfolgenden Bezugsstellungssignale abgibt. Andererseits werden die Absolutwertsignale aufeinanderfolgend von der Lesevorrichtung 2C abgegeben, wobei von der Schaltstufe 75 nur das mit dem ersten Bezugsstellungssignal gleichzeitige Absolutwertsignal durchgelassen wird, das dann in den den oberen Ziffernstellen entsprechenden Bereich des Decodierers 71 eingegeben wird, wodurch die Einstellung des Anfangswerts der Absolutstellung herbeigeführt wird. Andererseits werden von der Lesevorrichtung 2A die Schrittesignale erzeugt, deren Periode mittels des Zählers 72 gemessen und in den den unteren Ziffernstellen entsprechenden Bereich des Decodierers 71 eingespeichert wird. Der Zähler 72 wird durch das von der Generatorschaltung 74 abgegebene Bezugsstellungssignal rückgesetzt.

In den Schaltungsanordnungen gemäß Fig. 12A und 12B wird das Bezugsstellungssignal wirkungsvoll dazu benutzt, durch Kombinieren eines Schritte-Codierers mit hohem Auflösungsvermögen und eines Absolutwert-Codierers mit verhältnismäßig niedrigem Auflösungsvermögen einen Meßgeber mit hoher Genauigkeit und hohem Auflösungsvermögen zu erhalten. Das Bezugsstellungssignal kann jedoch auf wirkungsvolle Weise auch zu einer Verbesserung der Erfassungsgenauigkeit in einem System benutzt werden, das nur einen Absolutwert-Codierer hat.

Unter der Voraussetzung, daß die Gitterelemente des Bezugsstellungs-Gittermusters mit ausreichend hoher Genauigkeit ausgebildet werden, kann das Bezugsstellungssignal eine höhere Erfassungsgenauigkeit als diejenige ergeben, die durch das Wechseln des Absolutwertsignals geboten ist.

Auf diese Weise werden bei jedem der in Verbindung

mit den Fig. 6 bis Fig. 12A und 12B beschriebenen Meßgebern das Schrittesignal und das Absolutwertsignal gleichzeitig von der Drehskala oder einer Linearskala ausgelesen und die ausgelesenen Signale zum Bestimmen der Bewegung des Objekts mit hoher Genauigkeit und hohem Auflösungsvermögen benutzt. D.h., die Absolutstellung des Objekts kann sehr genau mit hohem Auflösungsvermögen dadurch ermittelt werden, daß die Absolutstellung mit dem Absolutwertsignal erfaßt wird, das eine hohe Erfassungsgenauigkeit, jedoch verhältnismäßig niedriges Auflösungsvermögen bietet, und dann die Periode zwischen aufeinanderfolgenden Absolutwertsignalen mit den Schrittesignalen interpoliert wird oder alternativ die Schrittesignale zu dem Absolutwertsignal addiert bzw. von diesem subtrahiert werden.

Zusätzlich können eine höhere Genauigkeit und ein höheres Auflösungsvermögen dadurch erzielt werden, daß eine Vorrichtung zum Erfassen des Bezugsstellungssignals vorgesehen wird und das Bezugsstellungssignal mit den vorstehend genannten beiden Arten von Signalen kombiniert wird.

Bei den vorangehend beschriebenen Ausführungsbeispielen wird das Informationsmuster (Gray-Codemuster), das den Codeteil der Drehskala oder Linearskala bildet, mit einem Lichtstrahlenband oder mit Licht aus einer Lichtquellenzeile aus Lichtquellenelementen beleuchtet, die an einem gemeinsamen Teil festgelegt sind. Es ist von wesentlicher Bedeutung, daß das Strahlenband oder das Licht aus der Lichtquellenzeile richtig mit dem Informationsmuster ausgerichtet ist, das beispielsweise durch eine Reihe bzw. Zeile von Schlitzen gebildet ist. Zum Erreichen dieser Ausrichtung wird daher eine Einstellung bzw. Justierung vorgenommen.

Im allgemeinen werden die die binären Gray-Codemuster tragenden Spuren derart angeordnet, daß die Spur an dem inneren oder äußeren Umfang einer Drehskala die Signale für das werthöchste Bit ergibt, während die Spur an dem äußeren oder inneren Umfang der Skala die Signale für das wertniedrigste Bit liefert. Wenn die Skala eine Linearskala ist, werden mit der Spur nahe einem Seitenrand der Linearskala die Signale für das werthöchste Bit erzeugt, während die Spur an dem gegenüberliegenden Rand die Signale für das wertniedrigste Bit liefert. Daher werden die Spuren an dem inneren und dem äußeren Umfang oder die Spuren an den beiden Seitenrändern für die werthöchsten Bits und die wertniedrigsten Bits benutzt.

Da dann, wenn die Spur für die Signale für das werthöchste Bit an dem Innenumfang einer Drehskala ausgebildet ist, diese Spur verhältnismäßig kleine Änderungen der Bitsignale je Umdrehung der Drehskala zeigt, ist es außerordentlich schwierig zu ermitteln, ob irgendeine Abweichung hinsichtlich des Zeitpunkts des Auslesens der Information mit den von dieser Spur abgenommenen Signalen besteht. Falls die Einstellung bzw. Justierung der Beleuchtungslichtstrahlen mittels dieser Signale vorgenommen wird, kann die Meßgenauigkeit schwerwiegend beeinträchtigt sein.

Daher ist es vorteilhaft, in dem Codemuster für das Erzeugen des Absolutwertsignals die nachstehend beschriebene Bitanordnung bzw. den nachstehend beschriebenen Gray-Code zu verwenden.

Die Fig. 13 ist eine schematische Darstellung eines Beispiels für die vorteilhafteste Form eines Gray-Codes zur Verwendung bei dem Erfassungsverfahren bzw. in der Erfassungsvorrichtung. Diese Figur zeigt nur den dem Codemuster 1C der Drehskala 1 der Vorrichtung nach Fig. 6 entsprechenden Bereich.



Bei dieser Anordnung wird eine am weitesten außen liegende Spur 131 zum Erzeugen der Signale für das wertniedrigste Bit verwendet, während eine am weitesten innen liegende Spur 132 zum Erzeugen der Signale für das dem wertniedrigsten Bit wertnächste zweitniedrigste Bit benutzt wird. Auf diese Weise wird der Abstand zwischen diesen Spuren maximal. Hierdurch wird irgendein Fehler hinsichtlich der Lesezeit verringert der entstehen könnte, wenn das Strahlenband, das zur Abnahme der Absolutwertsignale auf das Codemuster 1C gerichtet wird, gegenüber der gewünschten Lage schräg steht oder versetzt ist, wie beispielsweise dann, wenn das Strahlenband gemäß der Darstellung durch eine gestrichelte Linie 133 in bezug auf die normale Ausrichtung senkrecht zur Drehrichtung der Drehskala schräg steht. Infolgedessen kann irgendeine durch eine Abweichung der einfallenden Lichtstrahlen hervorgerufene Verminderung der Erfassungsgenauigkeit auf ein Mindestmaß herabgesetzt werden.

Die Fig. 14A und 14B zeigen Ausgangssignale der Lesevorrichtung 2C bei dem Lesen der Signale auf der Spur für das wertniedrigste Bit bzw. auf der Spur für das zweitniedrigste Bit.

In den Fig. 14A und 14B sind durch die ausgezogenen Kurven die Signale dargestellt, die erhalten werden, wenn das Lichtstrahlenband normal liegt, nämlich das Strahlenband derart ausgerichtet ist, daß die Richtung, in der es sich erstreckt, zu der Drehrichtung der Drehskala 1 senkrecht steht, wobei keine Störlichtstrahlen von der benachbarten Spur in Erscheinung treten. Mit den gestrichelten Kurven sind Signale dargestellt, die erhalten werden, wenn die Richtung des Strahlenbands in bezug auf die richtige, zur Drehrichtung des Codemusters 1C senkrechte Richtung schräg verläuft. Die strichpunktierten Linien in diesen Figuren zeigen einen Bezugspegel für das Umsetzen der Ausgangssignale in binäre Signale mit den Pegeln "1" oder "0". D.h., zum Erzeugen der binären Daten wird der Wert des Ausgangssignals zu einem Zeitpunkt gewechselt, an dem der Signalpegel diesen Bezugspegel kreuzt.

Aus diesen Figuren ist ersichtlich, daß gemäß der Darstellung durch Pfeile die Abweichungen der Lesezeitpunkte in bezug auf die äußerste Spur für das wertniedrigste Bit und in bezug auf die innerste Spur für das zweitniedrigste Bit in entgegengesetzten Richtungen auftreten. Daher zeigen die von den beiden Spuren abgenommenen Signale die größten Versetzungen in beiden Richtungen.

Bei diesem Ausführungsbeispiel wird daher das auf das Codemuster 1C fallende Strahlenband derart justiert, daß diese Versetzungen auf ein Mindestmaß verringert werden. Es ist ersichtlich, daß die Versetzung der Signale aus den dazwischenliegenden anderen Spuren unter den kleinsten Versetzungen der Signale aus der äußersten und der innersten Spur gehalten werden kann, wodurch eine hohe Genauigkeit bei der Stellungserfassung sichergestellt ist.

Die in Fig. 13 gezeigte Anordnung kann offensichtlich derart abgewandelt werden, daß die Spur 131 für das wertniedrigste Bit an den Innenumfang des Codemusters 1C gelegt wird, während die Spur 132 für das zweitniedrigste Bit an dem Außenumfang angeordnet wird.

Es ist ferner ersichtlich, daß die Anordnung gemäß diesem Ausführungsbeispiel ohne irgendeine Abwandlung bei einem Linearcodierer bzw. Wegmeßgeber angewandt werden kann.

Bei der Anordnung gemäß diesem Ausführungsbei-

spiel sind die Spur für das wertniedrigste Bit und die Spur für das zweitniedrigste Bit derart angeordnet, daß der Abstand zwischen den Spuren maximal ist, so daß die Justierung des Zustands der Lichtstrahlen bei dem Auftreffen auf das Codemuster auf einfache Weise durch das Einstellen der Ausgangssignale aus den beiden Spuren bewerkstelligt werden kann. Hierdurch wird der Zusammenbau der Vorrichtung beträchtlich erleichtert, wobei irgendwelche Fehler hinsichtlich der Lage der auf das Objekt fallenden Lichtstrahlen verringert bzw. vermieden werden können.

Infolgedessen ergibt die Anordnung gemäß dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel einen Meßgeber mit hoher Genauigkeit und hohem Auflösungsvermögen, insbesondere einen Absolutwert-Meßgeber, der mit hoher Erfassungsgenauigkeit arbeitet.

#### Patentansprüche

1. Optischer Codierer zum Lesen mehrerer durch eine Lichtquelle beleuchtbarer Codes, die zur Positionsanzeige dienen und auf einer Skala in Skalenverlagerungsrichtung aufgezeichnet sowie durch Anordnung mehrerer Bitmuster in einer vorbestimmten Richtung gebildet sind, mit einer photoelektrischen Umsetzeinrichtung zum Empfangen des Lichts der beleuchteten Codes und zum Erzeugen eines den Codes entsprechenden Signals, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle eine Laserstrahlquelle (6) aufweist, daß eine optische Einrichtung (7, 9, 20; 7, 9, 21; 9, 22) den Laserstrahl der Laserstrahlquelle (8) in einen linienförmigen Strahl umsetzt und die Codes (2) mit diesem linienförmigen Strahl beleuchtet, daß die Bitmuster der Codes (2) vergrößert auf der entfernt von der Skala (1) angeordneten photoelektrischen Umsetzeinrichtung (10) abgebildet werden, und daß die Längsrichtung des linienförmigen Strahls im wesentlichen mit der Anordnungsrichtung der Bitmuster zusammenfällt.

2. Optischer Codierer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Einrichtung (7, 9, 20; 7, 9, 21; 9, 22) den linienförmigen Strahl auf der Skala (1) fokussiert, wobei die Bitmuster in einer im wesentlichen senkrecht zur Bitmuster-Anordnungsrichtung liegenden Richtung vergrößert projiziert werden.

3. Optischer Codierer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Einrichtung (7, 9, 20; 7, 9, 21; 9, 22) den von der Laserstrahlquelle (6) erzeugten Laserstrahl über einen Strahlteiler (11) auf die Skala (1) richtet und daß die photoelektrische Umsetzeinrichtung (10) derart angeordnet ist, daß sie den von den Codes (2) reflektierten Laserstrahl über den Strahlteiler (11) empfängt.

4. Optischer Codierer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Einrichtung (7, 9, 20; 7, 9, 21; 9, 22) den linienförmigen Strahl unter Vergrößerung desselben in seiner Längsrichtung auf die Skala (1) richtet, wobei die Bitmuster in der Bitmuster-Anordnungsrichtung vergrößert projiziert werden.

5. Optischer Codierer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Skala (1) im wesentlichen an einer Position angeordnet ist, an der der linienförmige Strahl fokussiert ist.

6. Optischer Codierer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Einrichtung eine Einrichtung (7) zum Umsetzen des von der Laserstrahlenquelle (6) erzeugten Laserstrahls in einen dünnen kollimierten Strahl sowie eine Einrichtung (9, 20) zum Vergrößern des kollimierten Strahls und zum Umsetzen des kollimierten Strahls in den linienförmigen Strahl umfaßt.

7. Optischer Codierer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Code durch derartiges Anordnen mehrere Bitmuster gebildet ist, daß das Bit geringster Wertigkeit nicht dem Bit mit der zweitniedrigsten Wertigkeit benachbart ist.

8. Optischer Codierer nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Bit geringster Wertigkeit und das Bit zweitniedrigster Wertigkeit derart angeordnet sind, daß sie an den Endabschnitten des Codes liegen.

9. Optischer Codierer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Einrichtung (2A) zum Auslesen von auf der Skala (1) aufgezeichneten Gittermustern mit Hilfe des von der Laserstrahlenquelle (6) erzeugten Laserstrahls, um hieraus ein inkrementales Signal zu erzeugen.

10. Optischer Codierer nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch eine Einrichtung zum Auslesen einer auf der Skala aufgezeichneten Bezugsmarke mittels des von der Laserstrahlenquelle (6) erzeugten Laserstrahls, um hieraus ein Bezugssignal zu erzeugen, wobei die Skalenposition auf der Basis des den Codes entsprechenden Signals, des Bezugssignals und des inkrementalen Signals bestimmt wird.

---

Hierzu 14 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —



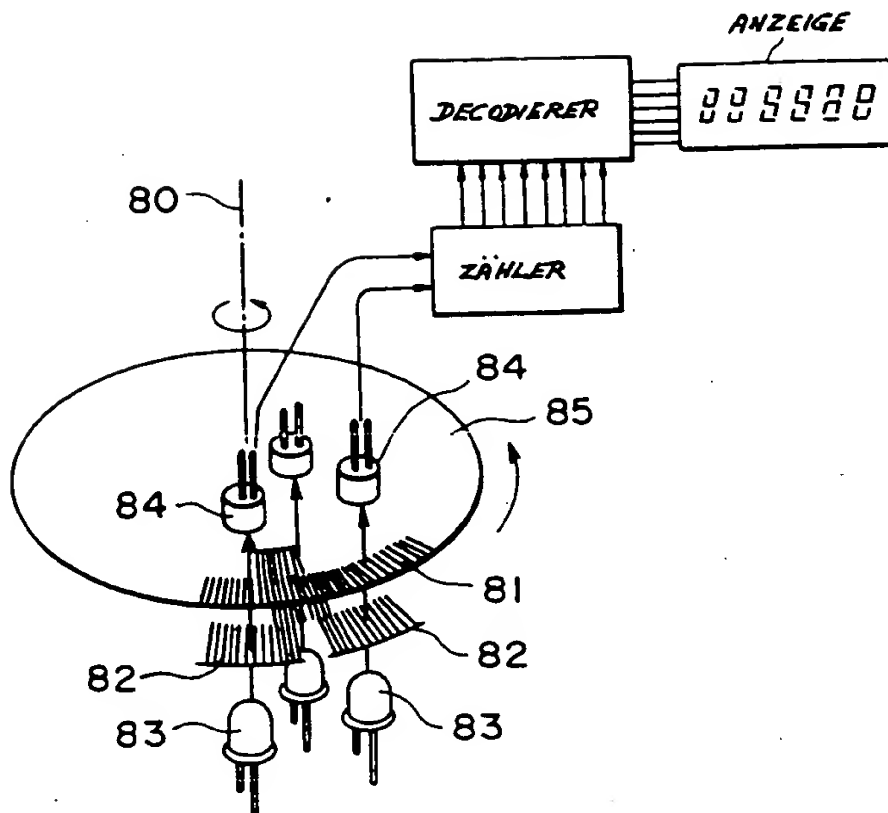


FIG. 1A *STAND DER TECHNIK*

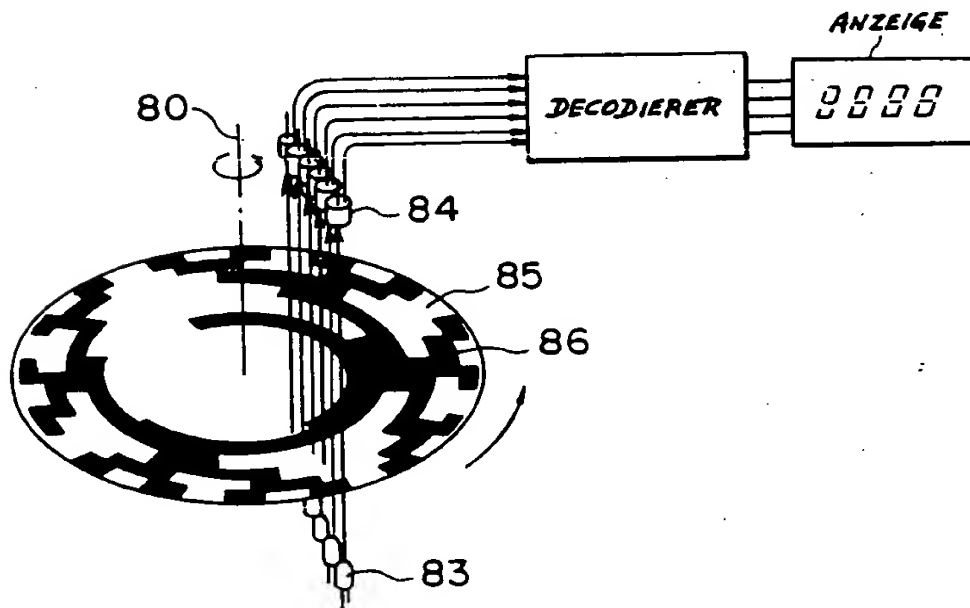


FIG. 1B *STAND DER TECHNIK*

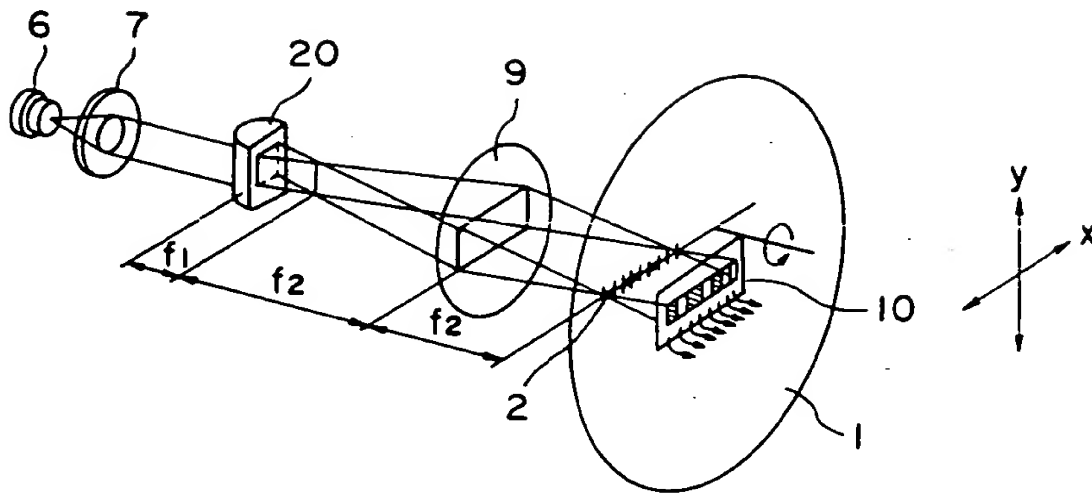


FIG. 2A

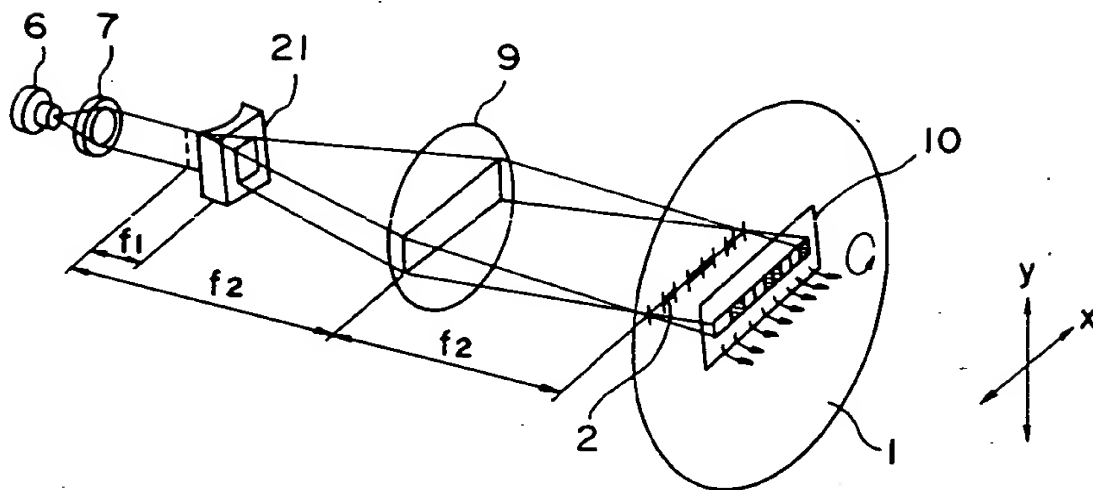


FIG. 2B

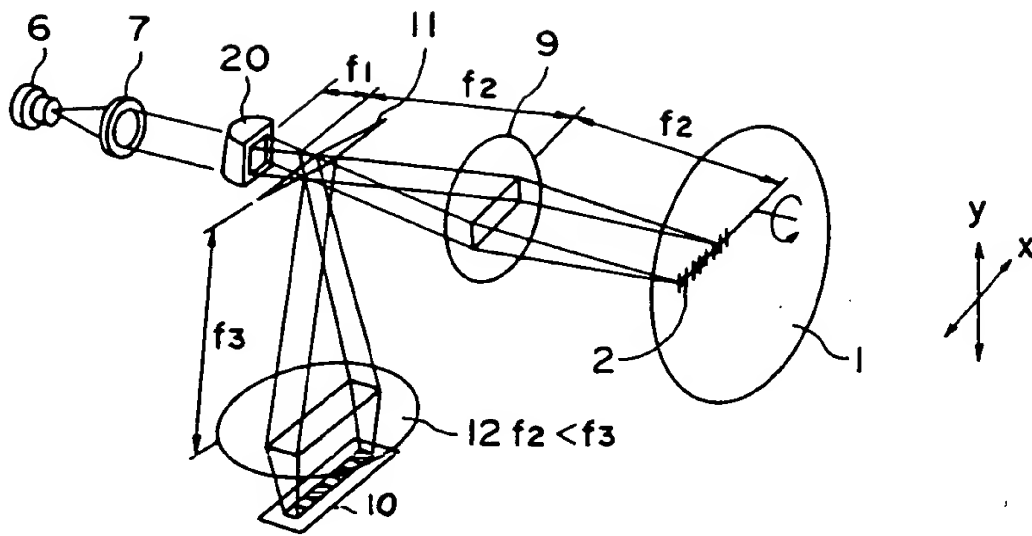


FIG. 3A

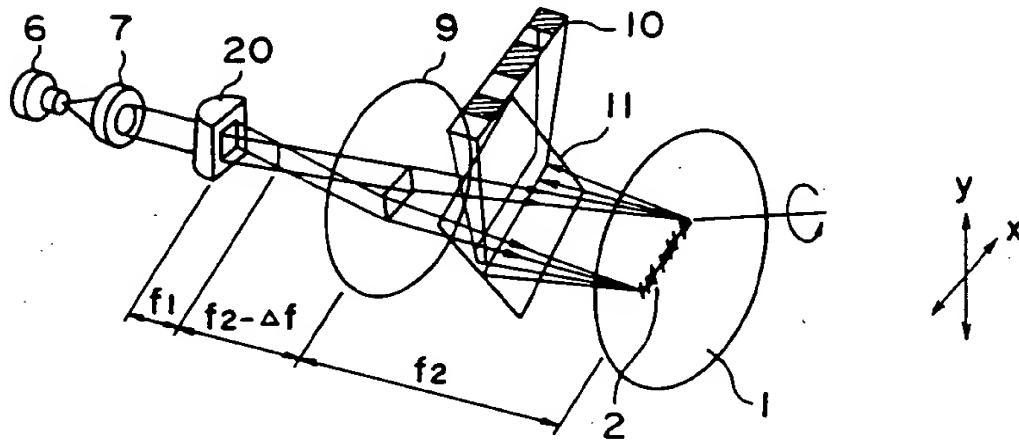


FIG. 3B

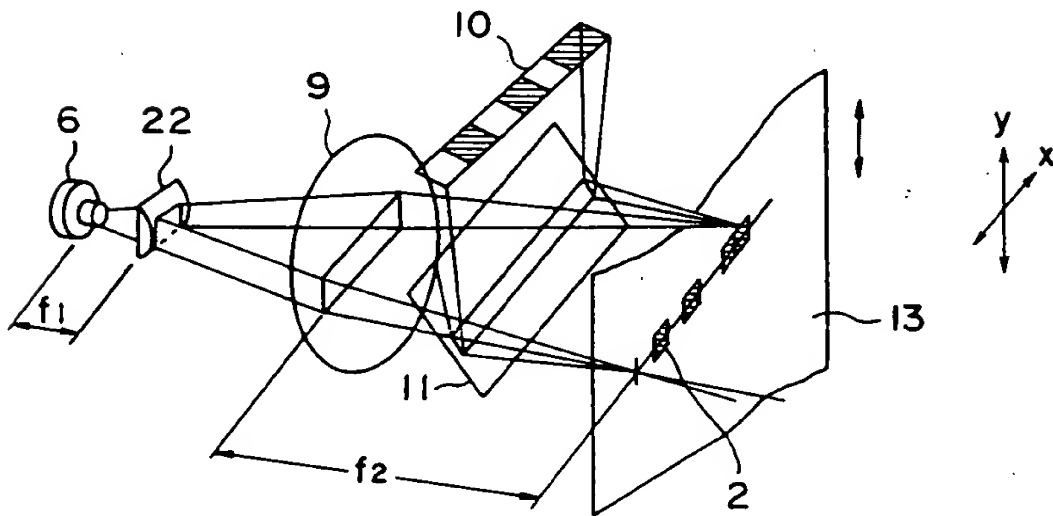
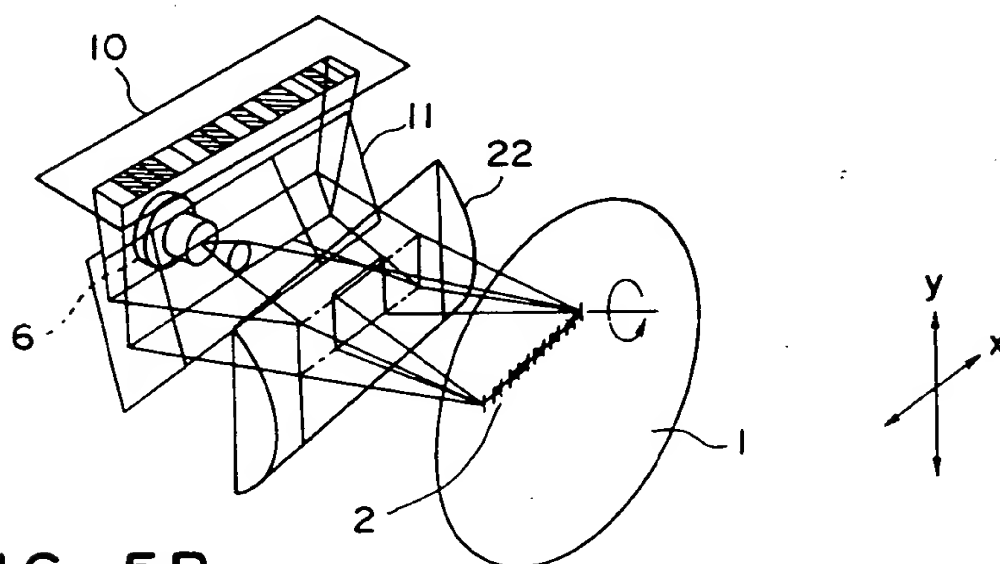
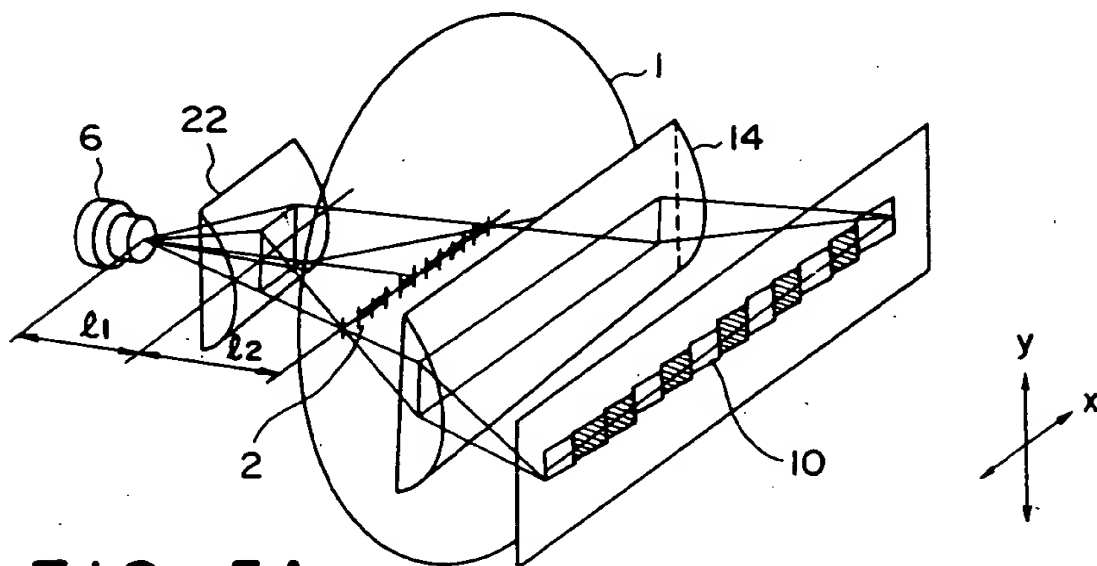
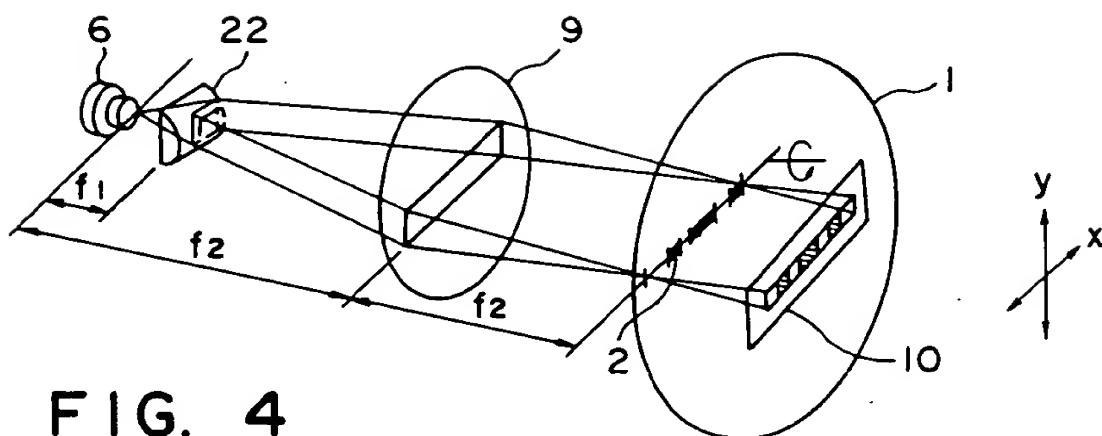


FIG. 3C



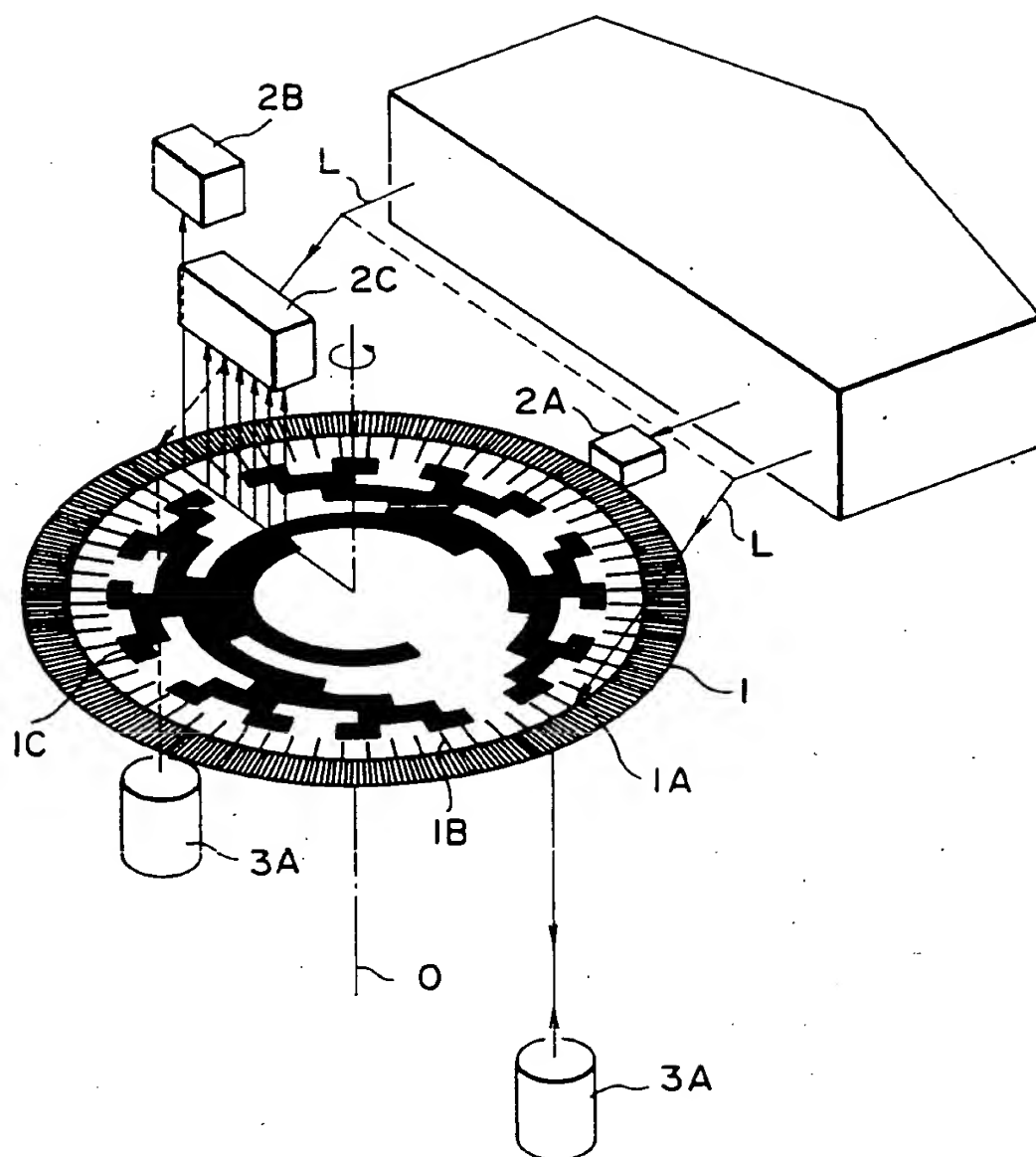


FIG. 6

FIG. 7a



FIG. 7b



FIG. 7c1



FIG. 7c2



FIG. 7c3

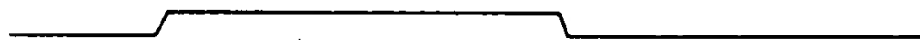


FIG. 7c4

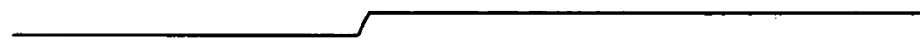


FIG. 7c5

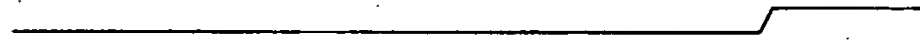
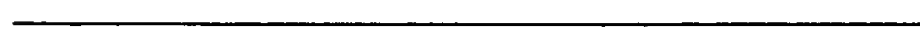


FIG. 7c6



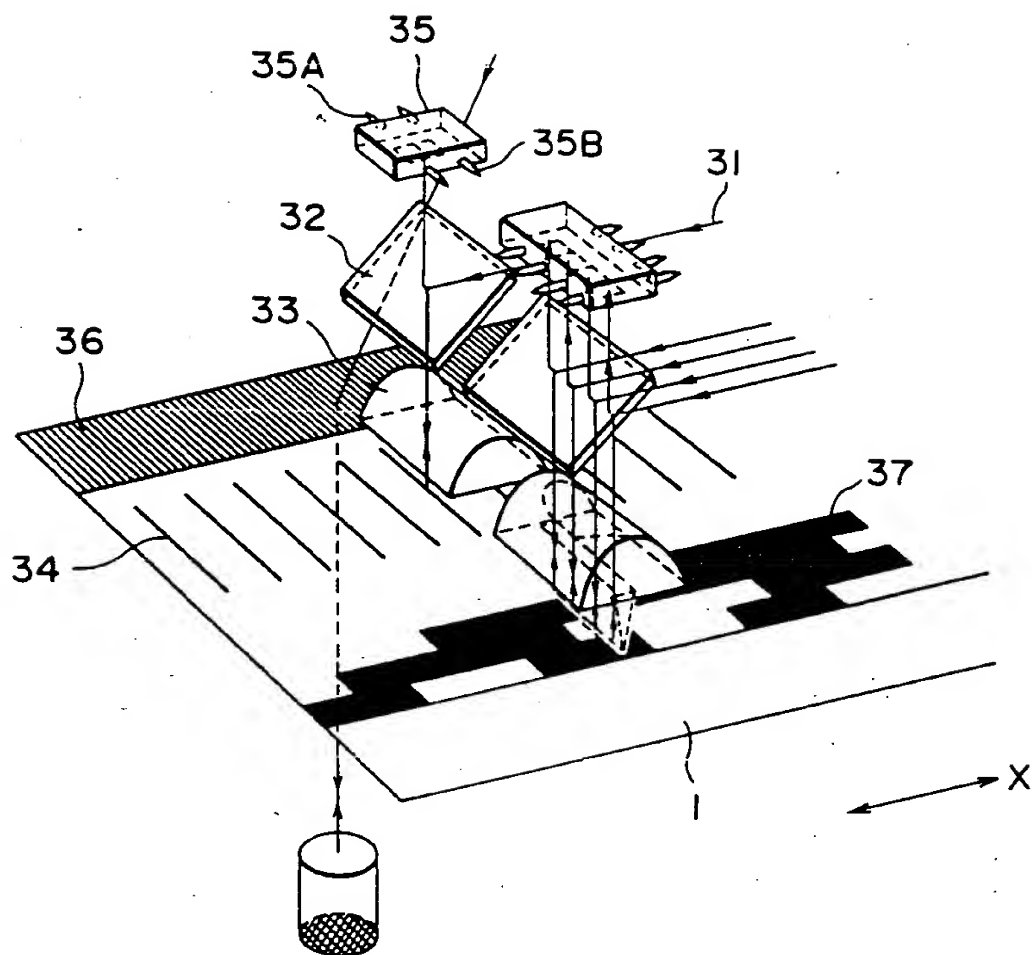


FIG. 8A

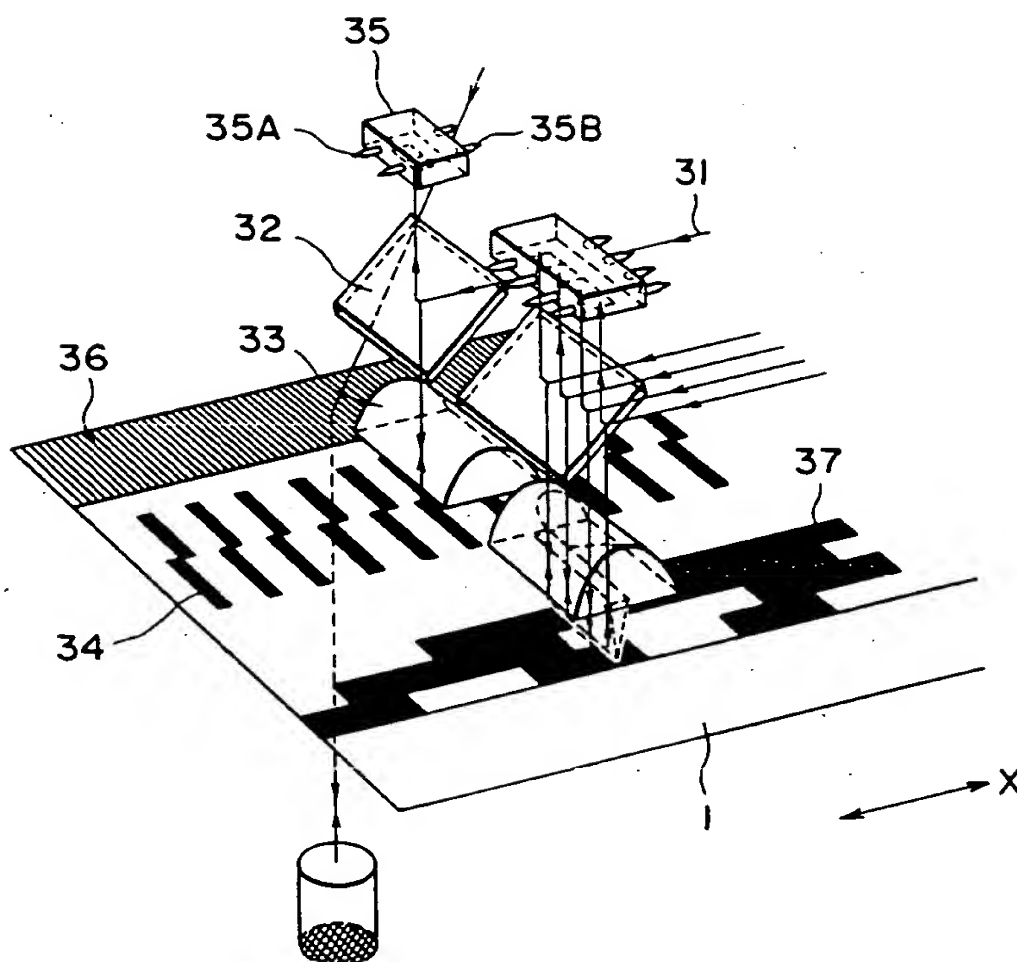


FIG. 8B



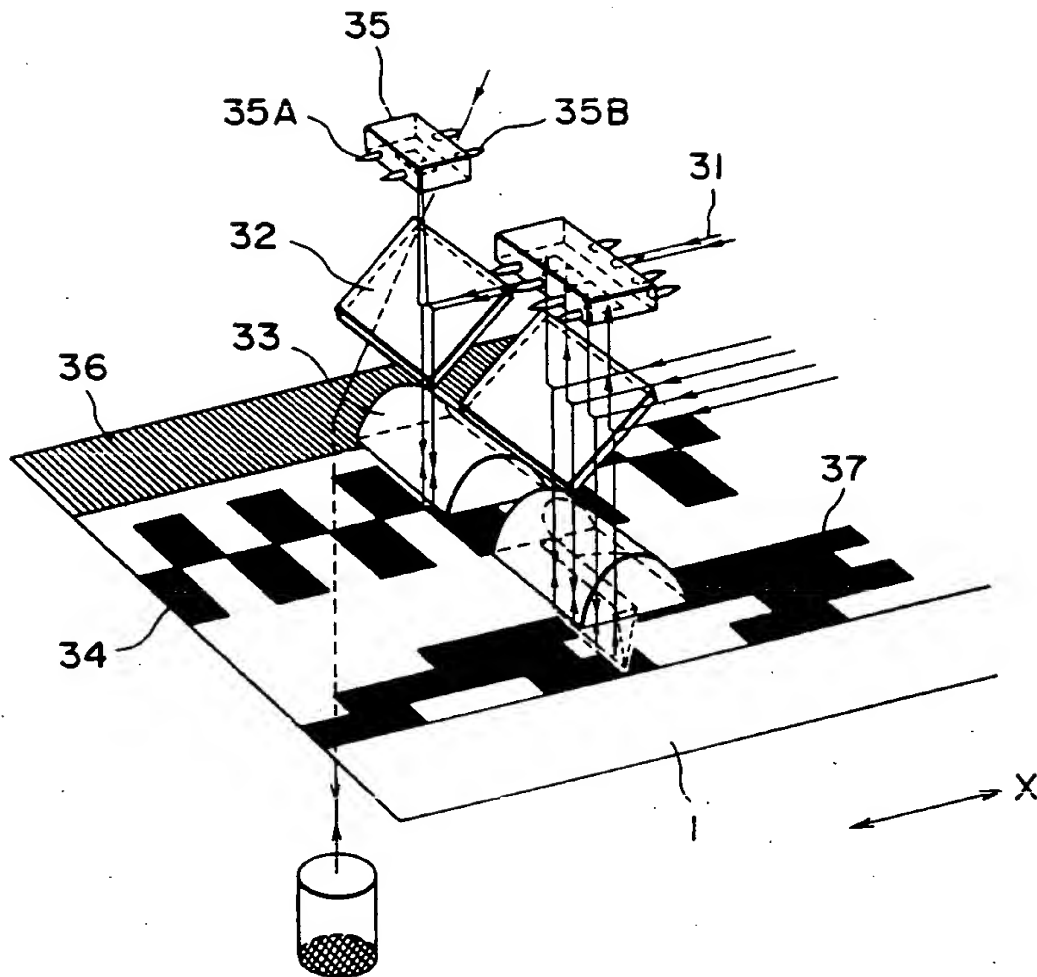


FIG. 8C

FIG. 9A



FIG. 9B

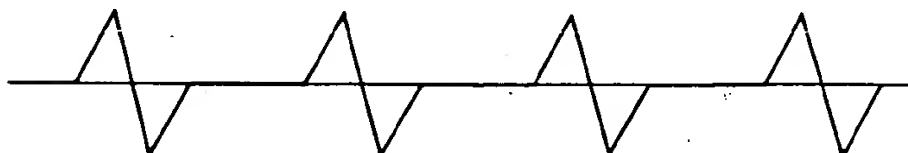


FIG. 9C



FIG. 9D



FIG. 9E

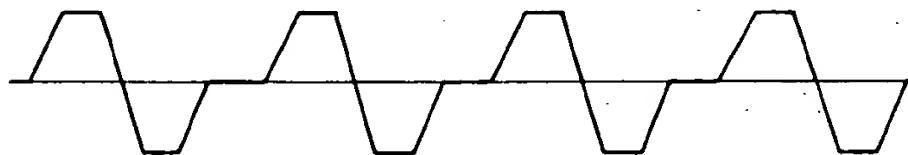


FIG. 9F

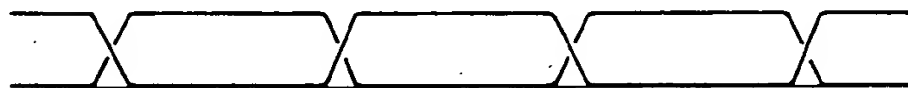
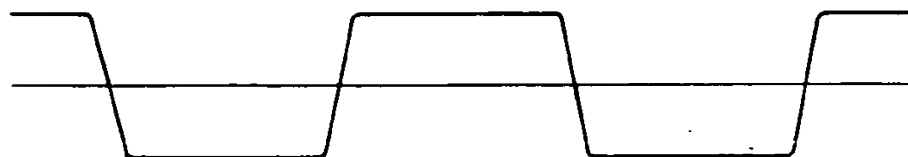


FIG. 9G



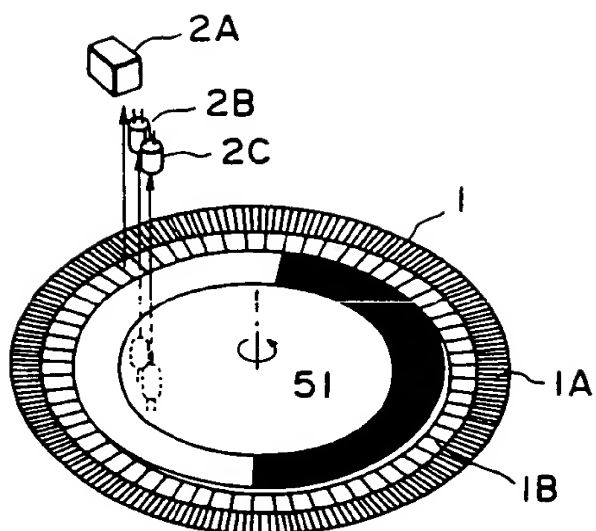


FIG. 10A

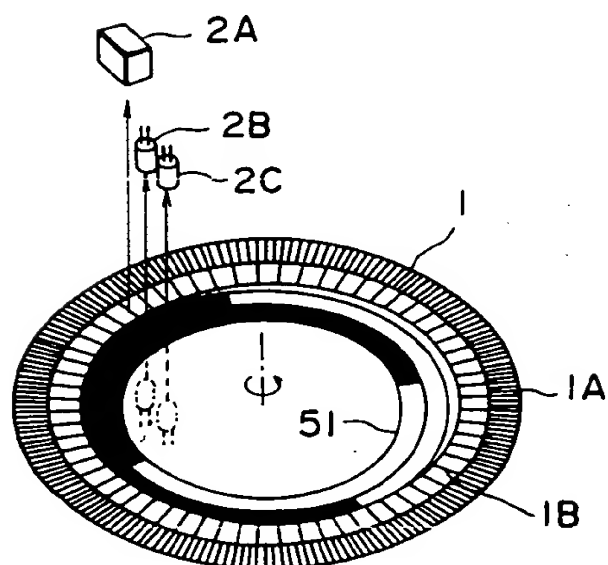


FIG. 10B

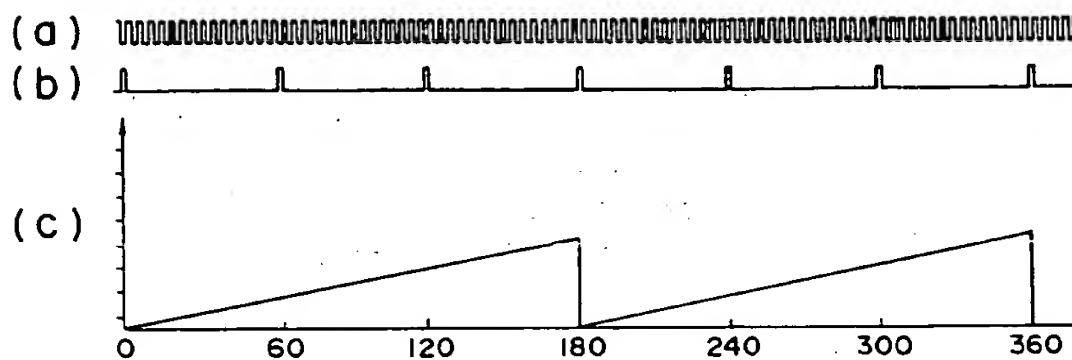


FIG. IIA

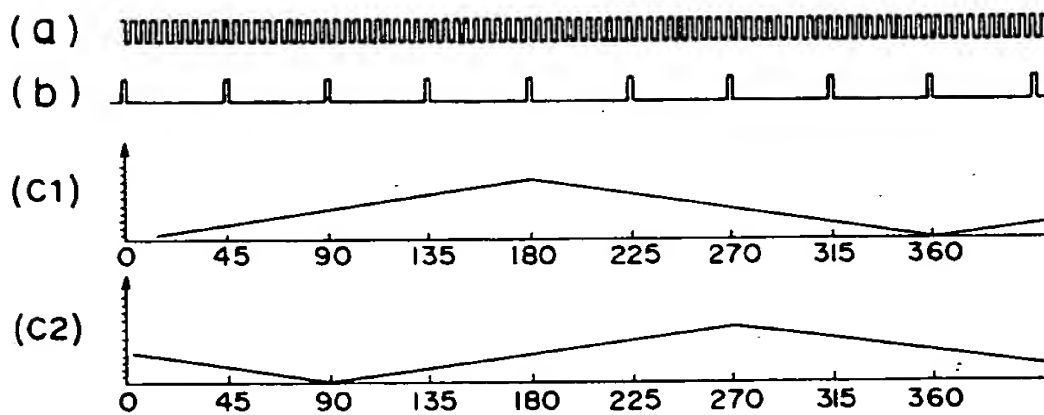


FIG. IIB

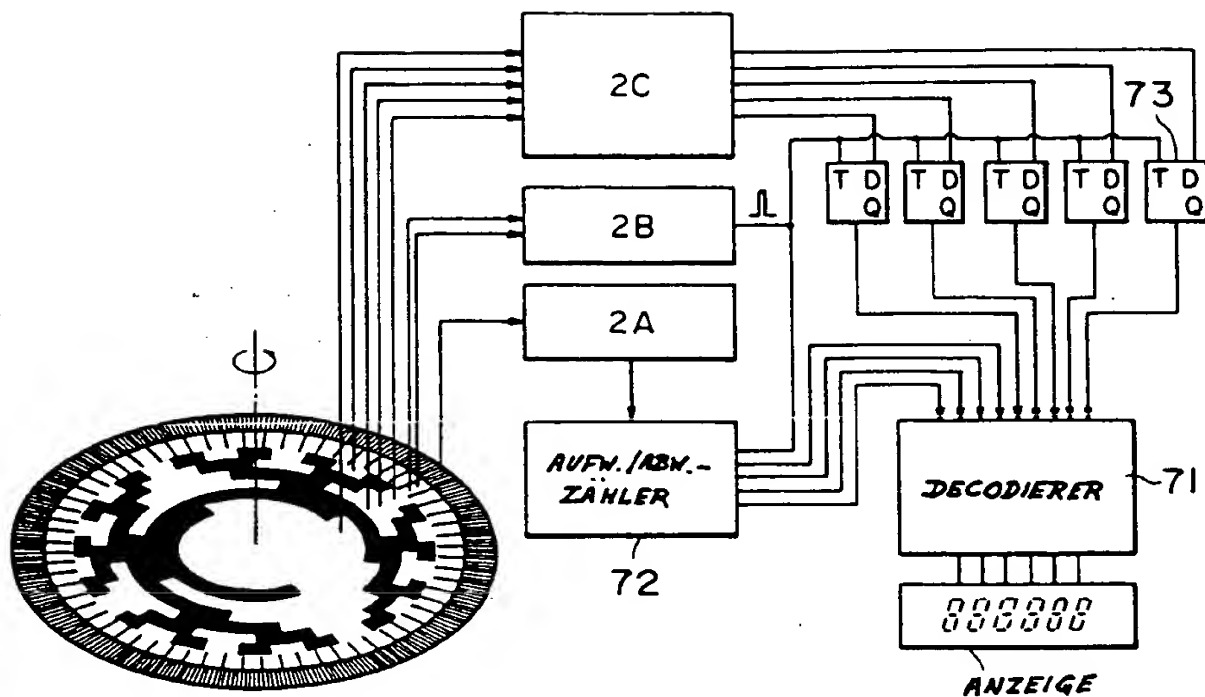


FIG. 12A

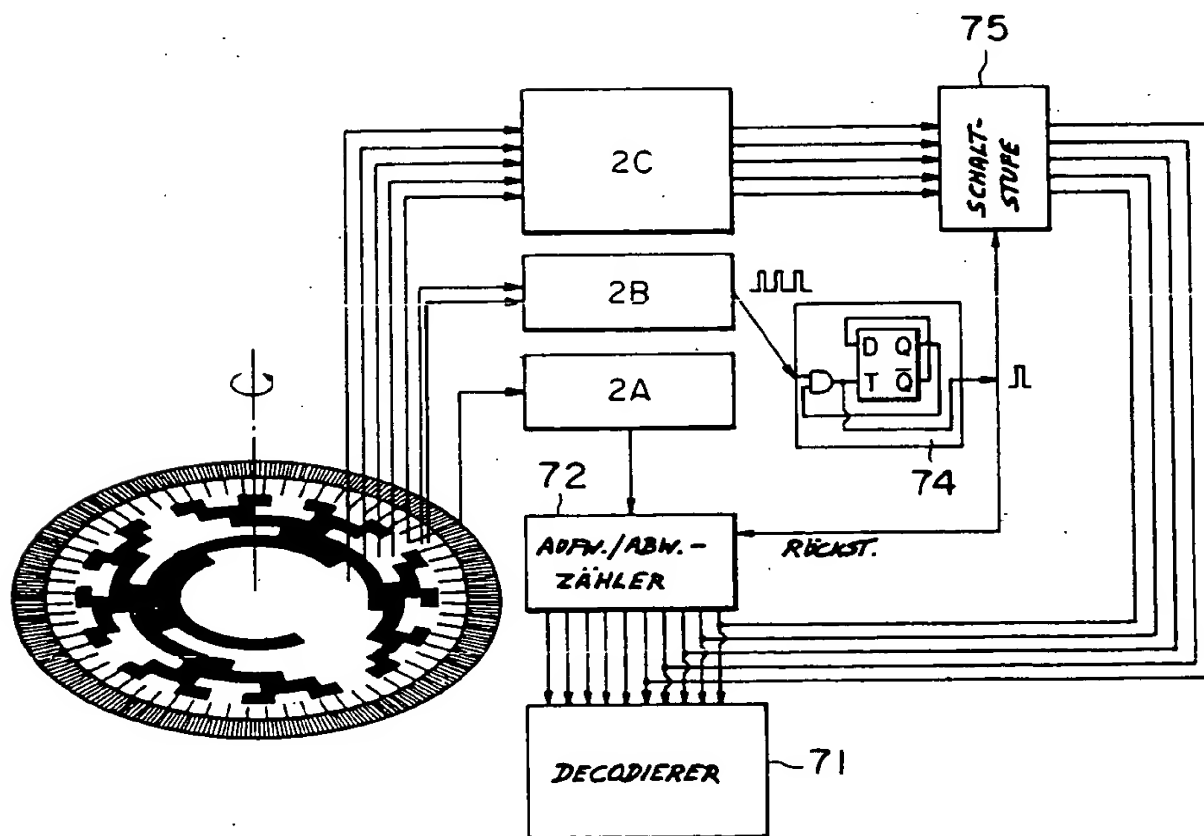


FIG. 12B

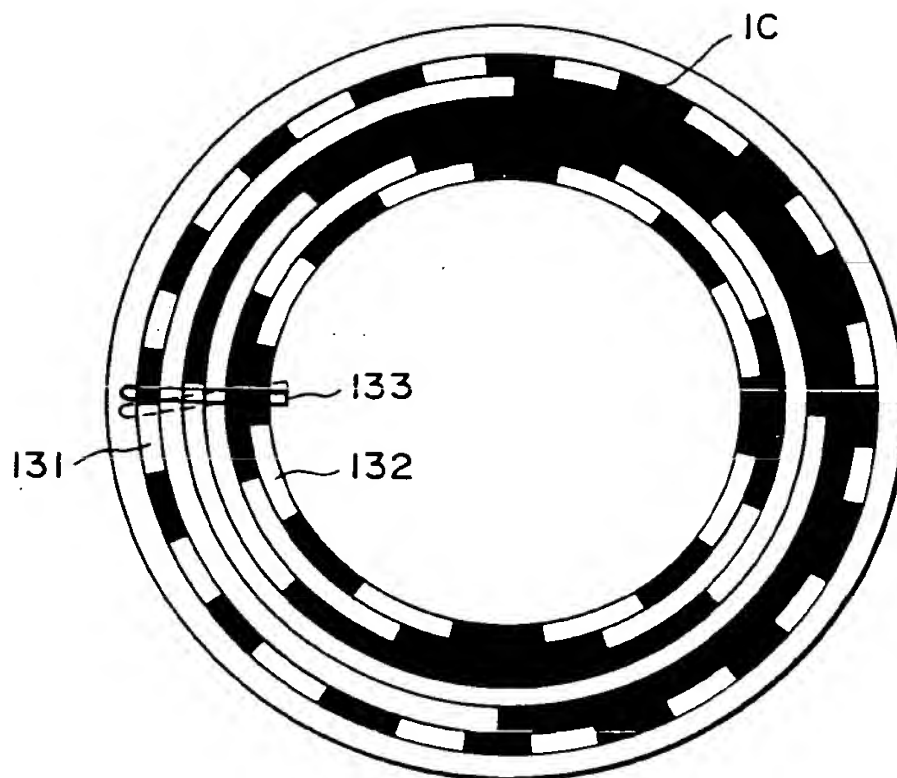


FIG. 13



FIG. 14A

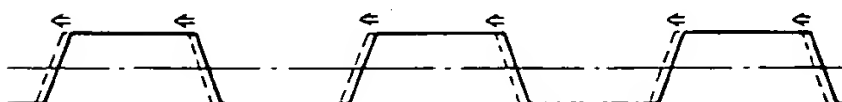


FIG. 14B